

Helle Sofie Gjølme

# Sirkulær økonomi i bygg- og anleggsbransjen

Analyse av metoder, prinsipper og forutsetninger for en overgang til sirkulær økonomi

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Rolf André Bohne

Juni 2020



Helle Sofie Gjørme

# **Sirkulær økonomi i bygg- og anleggsbransjen**

Analyse av metoder, prinsipper og forutsetninger for en overgang til sirkulær økonomi

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk  
Veileder: Rolf André Bohne  
Juni 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden





---

# Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med avslutning av det 5-årige sivilingeniørstudiet *Bygg- og miljøteknikk* ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Oppgavens tidslinje har strukket seg fra januar 2020 til juni 2020, med godt grunnlag i prosjektoppgave gjennomført høsten 2019. Masteroppgaven er skrevet for faget TBA4910 Prosjektledelse, og vektlegges 30 studiepoeng.

Jeg ønsker å takke min veileder ved NTNU, Rolf André Bohne, for å være tålmodig med uvurderlig veiledning og grundige diskusjoner, og som har vært til stor hjelp i en periode som ikke ble som forventet. Covid-19 kom relativt tidlig under skrivingen av denne masteroppgaven og har påvirket alle deler av samfunnet.

Takk til alle som har bidratt med informative samtaler og mailkorrespondanse vedrørende bransjespesifikke spørsmål.

Trondheim, 23. juni 2020



---

Helle Sofie Gjølme

---

---

---

# Sammendrag

Verden står i dag midt i en global klimakrise. Verdens ressurser begynner å bli knappe og verden har dårlig tid dersom det skal være mulig å hindre at temperaturøkningen overstiger de kritiske 1,5 gradene sammenlignet med de førindustrielle nivåene. Bygg, anlegg og eiendomsbransjen er ansvarlig for 40% av energiforbruket, 40% av klimagassutslippet, 40% av generert avfall og 40 til 50% av råvareuttaket på jorda. Dersom klimamålene skal nås må dette bidraget halveres i løpet av de neste 10 årene. For at bransjen skal være med å bidra må det store forandringer til, og en overgang til sirkulær økonomi kan være fordelaktig. De sirkulærøkonomiske prinsippene har som mål å eliminere avfall som begrep, og lukke materialssløyfene slik at ressurser holder seg i økonomien over flere sykluser.

Formålet med denne oppgaven er å undersøke om sirkulær økonomi vil være gunstig og mulig å innføre i bygg- og anleggsbransjen. For å undersøke dette er begrepet sirkulær økonomi undersøkt sammen med sirkulære forretningsmodeller og prinsipper knyttet opp mot økonomiske, sosiale og miljømessige perspektiver. Et videre spørsmål som er undersøkt er *Bygger vi på en måte som tilrettelegger for sirkulær økonomi?*. I den forbindelse er loververk vurdert for å underbygge om lovverket er til hindring eller om det tilrettelegger for en mer sirkulær bransje. Flere drivere og barrierer har blitt diskutert og kostnader, miljøpåvirkning og kvaliteten på materialhåndtering er sammenliknet fra dagens praksis med de sirkulære prinsippene.

Denne masteroppgaven er basert på et teoretisk grunnlag med bakgrunn i et omfattende litteraturstudie. Resultatene fra litteraturstudie tyder på at sirkulær økonomi er et tema som begynner å få stadig større oppmerksomhet i dagens samfunn, men begrepet er fremdeles noe umodent, med flere tolkninger og definisjoner av begrepet. En overgang til sirkulær økonomi vil utfordre bygg- og anleggsbransjen på flere punkter. Erfaringer fra webinar, seminarer, handlingsplaner og samtaler med personer i bransjen tyder på at et noe ensporet syn på bærekraft og bærekraftig utvikling, som ofte hovedsakelig knyttes til sorteringsgrad på byggeplass og energieffektive bygg i driftsfasen.

Avfall er et begrep som i en sirkulær økonomi ikke eksisterer. Derfor har denne oppgaven hovedsaklig fokusert på hvordan avfallsbehandlingen er i bransjen og hvor forbedringspotensiale knyttet opp mot sirkulære prinsipper ligger.

---

---

# Summary

Today the world is amidst a global environmental crisis. The world's resources are becoming scarce, and the remaining time to prevent the rise in temperature from exceeding the critical 1.5 degrees compared to the pre-industrial levels is limited. The construction industry is today responsible for 40% of energy consumption, 40% of greenhouse gas emissions, 40% of waste generated and 40 to 50% of the raw material extraction on earth. In order to achieve the climate goals, this must be halved over the next 10 years. In order for the industry to contribute, there must be significant changes, and a transition to a circular economy will be beneficial. The circular economy principles aim to eliminate waste as a concept and close the material loops so that resources stay in the economy over several cycles.

The main purpose of this thesis is to investigate whether circular economy will be beneficial and possible to introduce in the construction industry. To investigate this, the concept of circular economy has been studied together with circular business models and principles linked to either an economic, social or environmental reference frame. Another question that has been investigated is *Do we utilize building methods and principles in a way that facilitates circular economy?*. In this context, legislation is assessed, to substantiate whether the legislation is an obstacle or whether it facilitates a more circular industry. Furthermore, several drivers and barriers have been discussed, and costs, environmental impact, and the quality of the material handling have been compared in light of the circular principles to the current practice.

This master's thesis is based on a theoretical approach founded on a comprehensive literature study. The results of the literature study suggest that circular economics is a topic that is beginning to gain more traction in today's society, but that it is somewhat immature. Because of this there are multiple interpretations and definitions of the term. A transition to a circular economy will challenge the building, construction and real estate industries on several points. Participation in webinars, seminars, studies of action plans and conversations with people in the industry indicate that the view of sustainability and sustainable development is hidebound, and is often mainly related to the degree of sorting on site and energy-efficient buildings in the operational phase.

Waste is a term that does not exist in a circular economy. Therefore, this thesis has focused largely on what the current waste treatment comprise and where the potential for improvement linked to circular principles lies.

---

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>iii</b>
<b>Summary</b>	<b>v</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b>	<b>ix</b>
<b>Tabeller</b>	<b>xi</b>
<b>Figurer</b>	<b>xiv</b>
<b>Begreper</b>	<b>xv</b>
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Forskningsspørsmål . . . . .	2
1.3 Omfang og avgrensninger . . . . .	3
<b>2 Teori</b>	<b>5</b>
2.1 Globale miljøutfordringer . . . . .	5
2.2 Miljøutfordringer i Norge . . . . .	7
2.3 Sirkulær økonomi . . . . .	8
2.3.1 Prinsipper i en sirkulær økonomi . . . . .	9
2.3.2 Driveere og barrierer for overgang til en sirkulær økonomi . . . . .	12
2.3.3 Forretningsmodeller . . . . .	14
2.3.4 Masseforvaltning og Ressursknapphet . . . . .	15
2.3.5 Vurderingsmetoder i en sirkulær økonomi . . . . .	16

---

2.4	Sirkulær økonomi i Bygg- og anleggsbransjen . . . . .	17
2.5	Dagens bygningsmasse . . . . .	18
2.5.1	Klimagassutslipp . . . . .	21
2.5.2	Forbruk av råmaterialer . . . . .	22
2.5.3	Avfall . . . . .	23
2.5.4	Byggeprosessen . . . . .	24
2.5.5	Lovverk . . . . .	25
2.6	Avfallshåndtering i byggebransjen . . . . .	26
2.6.1	Ombruk . . . . .	28
2.6.2	Materialgjenvinning . . . . .	28
2.6.3	Energigjenvinning . . . . .	29
2.6.4	Deponi . . . . .	30
2.6.5	Avfallsreduksjon . . . . .	30
2.7	Bruk av digitale verktøy . . . . .	31
<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>33</b>
3.1	Valg av metode og forskningsstrategi . . . . .	33
3.2	Litteraturstudie . . . . .	35
3.2.1	Søkestrategi . . . . .	35
3.3	Webinar og konferanse . . . . .	39
3.4	Dokumentstudie . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Resultater og diskusjon</b>	<b>41</b>
4.1	Sirkulær byggeprosess . . . . .	41
4.2	Bygningsmassen . . . . .	43
4.3	Fokusområder hos aktuelle aktører . . . . .	47
4.4	Hvor i verdikjeden oppstår avfall . . . . .	48
4.5	Avfallsbehandling . . . . .	50
4.5.1	Gjenvinning . . . . .	52
4.5.2	Ombruk . . . . .	53
4.5.3	Avfallsreduksjon og forebygging . . . . .	55
4.6	Muligheter og utfordringer knyttet til utvalgte materialtyper . . . . .	56
4.6.1	Gips . . . . .	57
4.6.2	Trevirke . . . . .	59
4.6.3	Betong . . . . .	61
4.7	Standardisering . . . . .	62
4.7.1	Prefab og prekutt . . . . .	63
4.7.2	Teknologi . . . . .	63
4.8	Hva er potensialet ved en overgang til en mer sirkulær byggebransje? . . . . .	64
4.8.1	Kostnad . . . . .	65



---

4.8.2	Kvalitet . . . . .	67
4.8.3	Miljøfordeler . . . . .	68
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>Sluttord</b>	<b>75</b>
6.1	Sluttord . . . . .	75
6.2	Evaluering av metoden . . . . .	76
6.3	Forslag til videre arbeid . . . . .	76
	<b>Referanseliste</b>	<b>79</b>
	<b>Vedlegg A Søkertreffstatistikk</b>	<b>87</b>
	<b>Vedlegg B Drivere og Barrierer</b>	<b>89</b>
	<b>Vedlegg C Boligtyper og byggeår</b>	<b>93</b>
	<b>Vedlegg D Aktører</b>	<b>97</b>

---

# Tabeller

2.1	Boligtyper og vanligste strukturelle konstruksjonsmateriale. Tabellen er oversatt fra (Bohne and Wærner, 2014) . . . . .	20
2.2	Forskjell mellom teknisk og funksjonell levetid . . . . .	21
3.1	Nøkkelord og relevante fraser . . . . .	37
3.2	Kriteriene i TONE-prinsippet. Summert fra NDLAs hjemmesider . . . . .	38
4.1	Fokus i sirkulær økonomi i bygg- og anleggsbransjen (Lind, 2019) . . . . .	48
4.2	Forventede avfallmengder ved byggeaktivitet (Nordby and Wærner, 2017)	49
4.3	Utslipp fra 1.000 tonn gipsavfall (CO2 ekvivalenter) (Lystad, 2012) . . . . .	58
A.1	Søketreffsstatistikk . . . . .	87
B.1	Drivere og barrier funnet i litteraturen . . . . .	89
C.1	Antall boligtyper med byggeår i Oslo kommune . . . . .	93
D.1	Entreprenørens tagging på hhv bærekraft og sirkulær økonomi fra respektive hjemmesider . . . . .	97

---

# Figurer

2.1	FNs Bærekraftsmål (FN-sambandet, 2019b) . . . . .	6
2.2	Lineær økonomi (Gramstad et al., 2017) . . . . .	9
2.3	Sirkulær økonomi (Gramstad et al., 2017) . . . . .	9
2.4	Grunntrekk sirkulærøkonomiske prinsipper utviklet av The Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2015a) . . . . .	11
2.5	Basis for sirkulære forretningsmodeller (Lacy and Rutquist, 2015) . . . . .	15
2.6	Vurderingskriterier i BREEAM . . . . .	17
2.7	Fordelingen av ulike typer boligbygg (SSB) . . . . .	18
2.8	Fordelingen av bygninger ekskludert boligbygg (SSB) . . . . .	18
2.9	Eksempler på levetidene i lagdeling i en bygnings struktur (3XN, 2019) . . . . .	19
2.10	Bygg- og anleggssektorens andel av nasjonalt klimagassutslipp (Asplan Viak, 2019) . . . . .	21
2.11	Gjenværende år til uttømming av kjente reserver (Butterworth et al., 2014) . . . . .	23
2.12	Gjeldende gjenvinningsrate (Butterworth et al., 2014) . . . . .	23
2.13	Lovverk og forskrifter i bygg og anlegg . . . . .	25
2.14	Avfallspyramide (Stahel, 2019) . . . . .	26
2.15	Håndtering av avfall fra byggeaktivitet (SSB, 2019) . . . . .	27
3.1	Representasjon av validitet og reliabilitet (Pontoppidans, 2013) . . . . .	35
3.2	Antall publikasjoner. Data fra Web of Science . . . . .	36
3.3	Relativ interesse over tid, søkeemne “circular economy”. Hentet fra Google trends . . . . .	36
4.1	Prinsipper for prioritering vedrørende håndtering av de tekniske ressursene (EMF, 2015a) . . . . .	43

---

4.2	Livssyklusstadier i henhold til NS-EN 15978:2011 (Castro and Pasanen, 2019) . . . . .	44
4.3	Genererte mengder og type avfall fra nybygg, rehabilitering og riving (SSB, 2017) . . . . .	46
4.4	Fordeling av avfall fra riving. Tall bearbeidet fra SSBs statistikker . . . . .	46
4.5	Fordeling av avfall fra rehabilitering. Tall bearbeidet fra SSBs statistikker . . . . .	46
4.6	Fordeling av avfall fra nybygg. Tall bearbeidet fra SSBs statistikker . . . . .	47
4.7	Ressursers reise fra uttak til avfallshåndtering. Hentet fra presentasjon på byggavfallskonferansen 2020 (BA Digital) . . . . .	49
4.8	Avfallsbehandling etter avfallsfraksjon (Ibenholt et al., 2020) . . . . .	51
4.9	Bærekraftige tiltak for avfallsbehandling knyttet til ulike avfallsfraksjoner (Nødtvedt, 2020) . . . . .	51
4.10	Samfunnsøkonomisk analyse knyttet til avfallshåndtering (Ibenholt et al., 2020) . . . . .	56
4.11	Resultater fra workshop med hensikt å undersøke hvor og hvorfor avfall oppstår (Halogen AS, 2019) . . . . .	57
4.12	Behandling, gjenvinning og sluttdisponering av betongavfall. (Rønning et al., 2016) . . . . .	62
4.13	De skulte kostnadene knyttet til avfall . . . . .	65

---

# Begreper

Forklaring og definisjoner av begrepene brukt i denne masteroppgaven er listet opp under. Begrepene er hentet fra (Nordby and Wærner, 2017)

**AVFALLSMOTTAK** Mottak som tar imot og bearbeider avfallet slik at det kan ombrukes eller gjenvinnes, evt. deponeres.

**BA-BRANSJEN** Forkortelse for *Bygg- og anleggsbransjen*.

**BYGG- og ANLEGGSAVFALL** Alt avfall fra alle aktiviteter innen bygg- og anleggsbransjen

**BYGGAVFALL** Samlebegrep for avfall fra nybygging, rehabilitering og riving av bygninger

**DEPONI** Sted hvor avfall legges permanent.

**DOWNCYCLING** Engelsk uttrykk for gjenvinning hvor et materiale benyttes til et materiale av dårligere kvalitet. I oppgaven brukes nedsirkulering.

**ENERGIGJENVINNING/ENERGIUTNYTTELSE** Forbrenning av avfall med utnyttelse av energien til f.eks. fjernvarmeproduksjon.

**FARLIG AVFALL** Avfall som ikke hensiktsmessig kan håndteres sammen med forbruksavfall fordi det kan medføre alvorlige forurensninger eller fare for skade på mennesker eller dyr.

**GJENVINNING** Enhver utnyttning hvor avfallsmaterialer bearbeides til produkter, materialer eller stoffer som enten brukes til det opprinnelige formål eller til andre formål.

**GRØNN RETUR** Returtransport på en bil som ellers ville kjørt tom.

**INNEBYGGET KARBON** Innebygget karbon vil si alt utslipp av CO<sub>2</sub> fra utvinning, produksjon, transport og avhending av et byggemateriale.

**LCA** Forkortelse for *Life Cycle Analysis*, eller livsløpsanalyse på norsk. En slik analyse sammenstiller miljøpåvirkningen av alle ledd i en produksjonskjede.

**MATERIALGJENVINNING** Alle typer gjenvinning, unntatt energiutnyttelse og opparbeiding av avfall til materialer som skal brukes som brensel.

**MILJØFARLIGE STOFFER** Stoffer som er kjente miljøgifter, uavhengig av om de er omfattet av avfallsforskriften eller tilsvarende forskrifter.

---

**NEDSTRØMSLØSNING** «Nedstrøm» refererer til alle prosesser som skjer lenger ned i en produksjonslinje eller prosess.

**OMBRUK** Enhver operasjon hvor produkter eller komponenter som ikke er avfall, brukes om igjen til samme formål som de var laget for.

**RESIRKULERT TILSLAG** Knuste betongmasser hvor armering og andre fremmedlegemer er fjernet i tilstrekkelig grad, og hvor fraksjonen er siktet til ønskede kornstørrelser.

**SEKUNDÆR RÅVARE** Råvarer som oppstår etter en material-gjenvinningsprosess.

**TILBAKEFYLLING** En gjenvinningsoperasjon hvor egnet materiale brukes til oppfylling i utgravde områder

**UPCYCLING** Engelsk uttrykk for å gjenvinne materialer til en høyere kvalitet. I oppgaven brukes oppsirkulering



# Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

Bygningsindustrien bruker store mengder ressurser og råmaterialer, står for store klimagassutslipp, og produserer mye avfall. I dag er det en lineær økonomiform som er mest utbredt både innenfor bygningsindustrien og resten av samfunnet. Denne typen økonomi er basert på et “take, make and dispose”-tankesett, der hvert steg i verdikjeden, fra utvinning av materialer til ferdig bruk av produktet krever ressurser og produserer avfall. I en sirkulær økonomi ligger hovedfokuset på å utnytte ressurser på best mulig måte og å vektlegge et sirkulært kretsløp for materialer. Det fokuseres derfor i langt større grad enn i den lineære økonomien på materialgjenvinning og et materialbruk som fører til at minst mulig ressurser går tapt. Studier viser at kun 9% av verdens materialer en del av den sirkulære økonomien, og med en trend som indikerer en vedvarende vekst når det gjelder materialutvinning og drivhusgassutslipp vil vi med stor sannsynlighet komme til et punkt der det blir tvingende nødvendig å utnytte verdens ressurser bedre enn det som er tilfelle i dag.

Gjennom Parisavtalen og med økt oppmerksomhet på FNs bærekraftsmål er det skapt større bevissthet rundt bærekraftig utvikling, og det stilles nå krav fra myndigheter til bærekraft, gjenvinning av materialer og styring av avfall. Tiden det vil ta fra å følge opp myndighetens ambisjoner til implementerte tiltak vil være lang og avviker fra tidsrammen som er presentert i Paris-avtalen. Dessuten er det betydelig usikkerheter knyttet til hvor stor effekt tiltakene vil ha for måloppnåelsen til klimamålene.

Miljø- og bærekraftsfokuset på byggeplassen i dag ligger hovedsakelig på utslipp av CO<sub>2</sub>

og energieffektive bygg. Dersom samfunnet skal bevege seg fra en lineær økonomi til en sirkulær økonomi er det flere aspekter som må inkluderes i vurderingen. I dag er det liten til ingen tilrettelegging for å gjøre overgangen enklere å implementere i byggeprosessene. Det er få som tilbyr tjenesten med høy-kvalitets materialgjenvinning eller ombruk, og i tillegg er det få standarder og lite garantier for kvaliteten på disse materialene. Det ligger likevel store økonomiske og sosiale muligheter i å bruke ombrukte og gjenvunnet materiale og andre mer miljøvennlige alternativer.

## 1.2 Forskningsspørsmål

Fokuset på miljø har blitt større i de fleste deler av samfunnet og byggebransjen har også sett en økt etterspørsel etter mer miljøvennlige og bærekraftige bygninger. Formålet med denne oppgaven blir å undersøke *Hva er sirkulær økonomi, hvordan vil en implementering av sirkulære prinsipper påvirke dagens byggebransje og hva er noen av barrierene som må overvinnnes for å få det til.*

Denne problemstillingen er ganske bred, og derfor er det definert delspørsmål for å hjelpe å svare på problemstillingen. Underspørsmålene deles inn i to kategorier. Den første kategorien vedrører sirkulær økonomi i byggebransjen, og består av delspørsmålene:

- Bygges det på en måte som tilrettelegger for sirkulær økonomi i dag?
- Hvilke forretningsmodeller og prinsipper er gunstige å benytte seg av i bygg- og anleggsbransjen?
- Hvilke drivere og barrierer er aktuelle ved en overgang til sirkulær økonomi i byggingbransjen?

En stor del av sirkulær økonomi baserer seg på eliminering av avfall, og den andre kategorien av delspørsmål omhandler derfor dette. Bygg og anleggsbransjen er en stor produsent av avfall, både direkte ved nybygging, rehabilitering og riving, og indirekte ved å være store forbrukere av materialer. Derfor er avfallshåndteringen undersøkt, og underspørsmålene knyttet til dette er:

- Hvordan håndteres avfall i byggebransjen, og hvor ligger forbedringspotensialet?
- Har implementerte tiltak for avfallsreduksjon fungert?
- Bidrar avfallshåndteringsmetodene i dagens bransje til å nå klimamålene og reduksjon i råvareuttak?

Denne oppgaven baserer seg på teoretisk undersøkelse av begrepet sirkulær økonomi, en situasjonsbeskrivelse av dagens tilstander og hvor forbedringspotensiale i bransjen ligger.

### 1.3 Omfang og avgrensninger

Utarbeidelsen av denne masteroppgaven har hatt en begrenset varighet på 22 uker. Tidlig i disse ukene spredte covid-19 seg til å bli en pandemi som har påvirket alles arbeidshverdag. Det ble dermed mer utfordrende å gjennomføre analysen med den ønskede kontakten med bygningsbransjen. Dermed ble masteroppgaven noe mer teoretisk enn planlagt, og bransjeinnsikten ble begrenset til webinar og noe kontakt via mail og telefon.

Teori og resultater fra prosjektoppgaven, utført høsten 2019, er benyttet som grunnlag for arbeid med masteroppgaven. Sirkulær økonomi er et vidt begrep så noen avgrensninger har derfor vært nødvendig for å begrense omfanget.



# Kapittel 2

## Teori

Utviklingen verden har opplevd siden den industrielle revolusjonen har vært eksplosiv og vi lever fremdeles i en verden i rask endring. Verdens befolkning vokser, teknologien forandres og forbedres, og en av de største utfordringene fremover vil være klimaforandringene. Global oppvarming, initiert av menneskeskapte klimaendringer, og et økende forbruk av verdens ressurser i et tempo der jorda ikke klarer å regenere dem, kan føre til store utfordringer for vår og kommende generasjoners levestandard.

### 2.1 Globale miljøutfordringer

I 1987 la Brundtlandkommisjonen frem rapporten "Vår felles fremtid", som ga en oversikt over de globale miljøproblemene. Rapporten la grunnlaget for å kunne utforme nye strategier for å takle fremtidige miljøutfordringer (FN-sambandet, 2019a). Dette arbeidet har også vært utgangspunktet for flere avtaler og toppmøter i nyere tid som tar for seg miljøutfordringer. Rapporten var også den første som benyttet begrepet *bærekraftig utvikling* som beskriver hvordan dagens forbruk ikke må gå på bekostning av fremtidige generasjoners behov.

I dag forbrukes det store mengder av jordas ressurser samtidig som klimaforandringer, forurensing og arealbruk legger et stort press på jorden. Norge er et av landene som slipper ut mest CO<sub>2</sub> i forhold til innbyggertallet. Dersom alle hadde hatt samme forbruk som Norge ville vi hatt behov for ressursene tilsvarende 3,4 jordkloder (FN-sambandet, 2018b). Til sammenlikning er det økologiske fotavtrykket til verden på ca 1,75 jordkloder (Global Footprint Network, 2019). Det økologiske fotavtrykket måles i arealenheter og beregnes i forhold til det arealet som er nødvendig for at naturen skal klare å fornye ressursene

som er forbrukt. Selv om disse målingene vitenskapelig sett ikke er nøyaktige eller helt pålitelige, indikerer de et tydelig overforbruk av jordas ressurser som ikke er i tråd med de satte ambisjonene knyttet til bærekraftig utvikling.

I 2015 ble FNs bærekraftsmål vedtatt. Disse målene er en felles arbeidsplan som beskriver hvordan verden kan utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet, og stoppe klimaendringene innen 2030. De 17 overordnede bærekraftsmålene vises i figur 2.1 og inkluderer 169 delmål som tar for seg både miljøaspekter, økonomi og sosiale forhold på ulike vis. Miljø-, økonomiske og sosiale perspektiver henger tett sammen og må derfor fungere i et samspill for å kunne bidra til å oppnå et bærekraftige samfunn. Flere av disse målene krever derfor at jordas ressurser både direkte og indirekte forvaltes på en annen måte en det som er tilfellet i dag.



**Figur 2.1:** FNs Bærekraftsmål (FN-sambandet, 2019b)

Noen av de største miljøutfordringene vi står ovenfor i dag er overforbruk av ressurser, overbefolkning, og de menneskeskapte klimaendringene. Det er de menneskeskapte klimaendringene som gjerne får mest oppmerksomhet og da ofte i forbindelse med utslipp av klimagassen CO<sub>2</sub>. Klimaforandringene og klimagassutslipp er et globalt problem, og det er nødvendig å finne løsninger som kutter utslipp av klimagasser og forhindrer ytterligere global oppvarming. I følge forskere i FNs klimapanel vil en temperaturøkning på to grader være grensen for det naturen kan tåle. Temperaturøkning på jorda kan føre til at havnivået stiger og at vi får mer ekstremvær i form av både nedbør, tørke, mer ekstrem kulde og hetebølger. Dette vil igjen føre med seg nye utfordringer knyttet til matproduksjon, redusert boareal og økt fare for naturkatastrofer. Selv om klimagassutslipp er viktig er dagens miljøutfordringer er likevel en mer kompleks utfordring som omfatter mer enn

kun å redusere utslipp.

Parisavtalen fra 2015 er den første internasjonale avtalen der partene forplikter seg til å forsøke å begrense klimaforandringene. Grensen er i denne avtalen satt til to grader, men målet er at temperaturøkningen ikke skal overstige 1,5 grader i forhold til referanseåret 1850 (FN-sambandet, 2019a). Trenden for temperaturøkningen er likevel i dag fremdeles økende, og for at denne utviklingen skal snus må endringene også være til dels betydelige. I følge rapportene til FNs klimapanel er den eneste måten å stoppe klimaendringene og nå 2 graders-målet et drastisk kutt i klimagassutslippene samtidig som man finner gode løsninger for å fjerne og lagre CO<sub>2</sub> fra atmosfæren (FN-sambandet, 2018a).

Selv om klimaforandringene og 2-gradersmålet er viktige målsettinger kan andre miljøutfordringer ha en gjensidig negativ forsterkende effekt på hverandre og også øke risikoen for global oppvarming. Mennesket er avhengig av jordas økosystem som produserer vann, oksygen, mat og har tilgjengelige beboelige arealer. Jordas økosystem er et sammensatt sirkulært system, som er sårbart ovenfor menneskelig påvirkning. En for stor belastning på et område kan overbelaste naturens kapasitet og ødelegge dets evne til reproduksjon. For å få til en mer bærekraftig utvikling for jorda må derfor miljøet analyseres og håndteres i et mer helhetlig perspektiv der også en rekke økonomiske og sosiale aspekter tas hensyn til.

## 2.2 Miljøutfordringer i Norge

Norge har i flere år vært opptatt av å skape en mer bærekraftig utvikling og stimulere samfunnet til en mer grønn tankegang. Selv om mange initiativer er iverksatt viser målinger at vi fremdeles er langt unna å nå målene som er satt.

*Det grønne skiftet* ble i 2015 kåret til årets nyord av Språkrådet. Begrepet har ikke en felles entydig definisjon, men er mye brukt av mediene og i den politiske debatten for å rette søkelyset mot miljøproblematikk og understreke at samfunnet må utvikles mot en fremtid som i langt sterkere grad fokuserer på miljøet (Andersen, 2019). Begrepet brukes både med tanke på forandringer på samfunnsnivå, men også i enkeltsaker og innenfor spesifikke områder. På samfunnsnivå vil det grønne skiftet kreve en utvikling som er sammenfallende med naturens kapasitet. I det litt mindre perspektivet handler det mye om å få til en overgang til produkter og tjenester som har færre negative konsekvenser for miljøet.

I 2006 la Lavutslippsutvalget frem en rapport der det er presisert at det er mulig å senke utslipp av klimagasser i Norge med 66% innen 2050 uten at det medfører alt for store kostnader (Klima- og miljødepartementet, 2014). Det har i lengre tid også blitt benyttet offentlige virkemidler i regi av regjeringen for å styre utviklingen i riktig retning (som for eksempel ulike miljøavgifter knyttet til avfallshåndtering og veiavgifter). Norges klimapolitikk

baserer seg på to forlik, *Klimaforliket* og *Klimameldingen*, som ble vedtatt i henholdsvis 2008 og 2012 av Stortinget (Klima- og miljødepartementet, 2019). Begge forlikene omfatter målene klimapolitikken skal oppnå og hvilke virkemidlene som er nødvendig for å nå målene. Parisavtalen ble vedtatt i 2015, og i 2016 ble den ratifisert av Norge som dermed forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene.

Norge er fremdeles en oljenasjon, og reduksjon av utslipp blir i stor grad sikret gjennom kjøp av klimakvoter. Rundt halvparten av Norges utslipp omfattes av dette kvotesystemet. Dessuten kjøper Norge mange kvoter fra andre land for å overholde kravene som er satt i Parisavtalen. I teorien kunne miljøkvote-ordningen fungert som et godt reguleringsvirkemiddel, men det er i dag delt ut for mange kvoter, og oppkjøp av klimakvoter fra utviklingsland vil også anses som kontraproduktivt (Drivkraft Norge, 2018) da Norge ikke reduserer sitt utslipp, men flytter ansvaret over til andre nasjoner som ikke har de samme muligheten til å redusere utslipp. Overskuddet av kvoter gjør at det er få insentiver for norske bedrifter til faktisk å kutte i utslippene av klimagasser. I tillegg til parisavtalen har Norge en klimalov som har vedtatt at Norge skal redusere klimagassutslipp med 40% innen 2030 fra referanseåret 1990 (Klima- og miljødepartementet, 2019). Norge har også som mål å bli et lavutslippssamfunn innen 2050, som innebærer å redusere egne utslipp i størrelsesorden 80-95% , der effekten av kvotesystemet skal tas med i vurderingen

Selv om Norge har forpliktet seg til å overholde flere strategier og avtaler, er det hittil få av målene Norge i praksis har nådd. Reduksjonen på 40% frem mot 2030 ser ut til å bli adskillig lavere enn prosjektert. Det vil derfor være nødvendig med en omstilling i landets tankegang for å unngå konsekvensene av klimakrisen og andre miljøutfordringer.

Norge har, og kommer til å få, flere utfordringer knyttet til miljøproblematikk, men det er utviklingslandene som får de største konsekvensene. De fattigere landene er mer sårbare for forandringer og har også små muligheter til å tilpasse seg konsekvensene som klimaforandringene og andre miljøutfordringer fører med seg. Norge vil som et utviklet land, med store muligheter, både økonomisk og sosialt, har betydelig bedre forutsetning til å redusere det økologiske avtrykket. En mulig måte å få til dette er en overgang til en sirkulær økonomi.

### **2.3 Sirkulær økonomi**

Flere av FNs bærekraftsmål er relevant for sirkulær økonomi, om ikke grunnleggende for suksess. Bærekraft og sirkulær økonomi er begreper som er nært knyttet sammen og i flere tilfeller i litteraturen, eksempelvis *The Circular Economy - A new sustainability paradigm*, presenteres den sirkulære økonomien som en av hjørnesteinene for å kunne lykkes med en mer bærekraftig utvikling. Det er likevel ikke en sirkulærøkonomisk modellen som er mest utbredt i dag. I dag er det den lineære økonomiske modellen som er styrende. Denne



økonomiske modellen har utgangspunkt i en prosess der råvarer blir utvunnet, og deretter prosessert til produkter som blir solgt og brukt, frem til de blir kastet som avfall. Verdien som skapes i den lineære økonomien baseres på å produsere og selge så mye som mulig. I hvert av disse stegene, som er vist i figur 2.2 produseres det avfall, og store mengder ressurser går tapt både underveis i produksjonen/prosessen og ved ferdig bruk, da mye går til deponi. Den lineære modellen vektlegger en prosess som baserer seg på et høyt salg av produkter og relativ kort levetid. Prosessen blir da designet for å kunne produsere mye uten å vektlegge bevaring av ressurser eller verdiøkning i materialer.



**Figur 2.2:** Lineær økonomi  
(Gramstad et al., 2017)



**Figur 2.3:** Sirkulær økonomi  
(Gramstad et al., 2017)

I motsetning til i den lineære økonomien, søker den sirkulærøkonomiske modellen å forlenge og lukke materialsøfene, se figur 2.3. I den sirkulære økonomien fokuseres det på å eliminere avfall i alle deler av livsløpet til et materiale eller produkt. I grunntrekk handler sirkulær økonomi om å utnytte ressurser på en best mulig måte og å sikre bærekraft og verdiskapning både i et kortsiktig og et langsiktig perspektiv. Den største forskjellen er der den lineære modellen definerer produkter og materialer som avfall, fører den sirkulære økonomien materialene tilbake og inn i verdikjeden igjen. Mulige tilnærminger for dette er gjennom ombruk, høy-kvalitets gjenvinning og/eller gjennom redusert forbruk (Stahel, 2019), der noen metoder er mer bærekraftige enn andre.

### 2.3.1 Prinsipper i en sirkulær økonomi

Et av grunnprinsippene i en sirkulær økonomi er vugge-til-vugge-prinsippet. Walter Stahel, som også har blitt kalt *the father of performace economy*, brukte vugge-til-vugge-begrepet så tidlig som i 1980. Senere har arkitekten William McDonough og kjemikeren Michael Braungart videreutviklet begrepet til det prinsippet som brukes i dag (Stahel, 2019).

Vugge-til-vugge-prinsippet er en bærekraftig strategi som etterligner den regenerative syklusen i naturen der avfall brukes om igjen, som i en lukket sløyfe eller kretsløp (closed loop). I dette konseptet etterstrebes et system der deponert avfall ikke eksisterer. Alle inngående og utgående materialer i en produksjon blir sett på som tekniske eller biologiske næringsstoffer, der de tekniske næringsstoffer kan gjenvinnes eller ombrukes uten tap av kvalitet og biologiske næringsstoffer komposteres eller brukes som vist i figur 2.4. Produkter i en sirkulær økonomi burde derfor designes for lett å kunne deles opp i biologiske nedbrytbare eller tekniske komponenter som kan returneres til jorden eller returneres til industrien for gjenbruk i nye produkter (Ness and Xing, 2017).

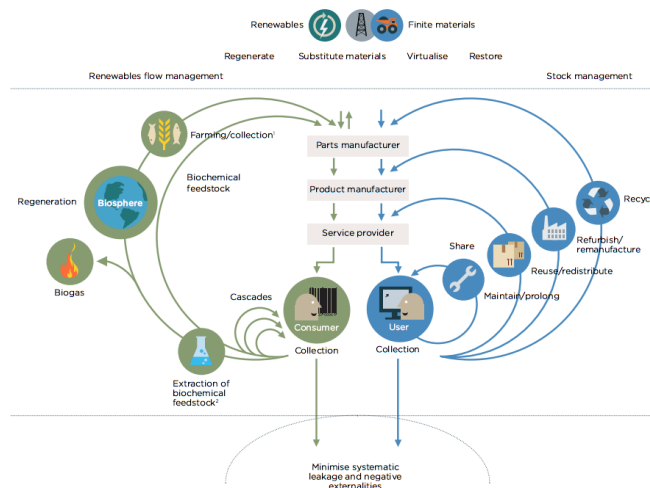
Fra tankegangen om biologiske og tekniske komponenter har Ellen MacArthur Foundation utviklet en rekke grunnleggende prinsipper som støtter oppunder gunstige økonomiske utfall, figur 2.4. Det første prinsippet omhandler det å bevare og styrke den naturlige bestanden ved å kontrollere de ikke-fornybare ressursene og balansere disse med fornybare ressursstrømmer (EMF, 2015a), ved hjelp av omskaping, substituering av materialer, virtualisering og rehabilitering.

Det andre prinsippet, som kan ses i midtpartiet i figur 2.4, søker å optimalisere ressursforbruket ved å sirkulere produkter og materialer slik at de beholder den høyeste mulige verdien i både den tekniske og biologiske syklusen. I den tekniske syklusen omhandler dette håndtering eller kontroll av akkumulerte materialer eller lagrede varer og inkluderer delingsløsninger, ombruk, reparasjoner og livsforlengelse og materialgjenvinning. Dette betyr å designe produkter for reparasjoner, ombruk og gjenvinning slik at verdiene opprettholdes i materialsøyfen og fortsette å bidra til økonomien.

Det tredje prinsippet omfatter den biologiske sløyfen der det er ønskelig med en økning av biobaserte materialer, og samtidig ta ut de biokjemiske materialer som har verdi og sirkulere disse til samme (eller lavere) kvalitet (EMF, 2015b).

Dette sirkulære systemet etterstreber å bruke de indre løkkene (f.eks. vedlikehold, snarere enn gjenvinning) der det er mulig, for dermed å bevare mer innebygd energi, innebygd karbon og annen verdi. Til slutt er det vektlagt å effektivisere systemet ved å avdekke de negative eksternalitetene og minimere lekkasjene fra den lukkede sløyfen.

I den moderne økonomien vi har i dag er det nødvendig at disse tre prinsippene integreres på en bærekraftig måte slik at de ikke påvirker jordens kretsløp negativt. Målet ved å benytte disse prinsippene blir å skape en regenerativ økonomi som bevarer økosystemene og øker avkastningen over tid, skaper ny velstand og fremmer vekst ved å hente mer verdi fra eksisterende infrastruktur og produkter. Systemendringer er også avgjørende for sirkulærøkonomien der ett systems avfall blir input til det neste systemet. En slik endring vil gjøre det mulig å maksimere den totale nytten av produktene og de materialene som er i bruk, men dette krever at vi har et bedre systembilde av de store verdikjedene (EMF, 2015a).



**Figur 2.4:** Grunntrekk sirkulærøkonomiske prinsipper utviklet av The Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2015a)

I *Sirkulær økonomi - en håndbok* (Stahel, 2019) blir fire prinsipper presentert. Det første er at økonomien starter på et salgs- eller tjenestepunkt. Det andre er at den forvalter eksisterende beholdninger av gjenstander. Det tredje omhandler at bruken forlenges, mens det siste omhandler at sirkulær økonomi skal drives av samfunnsøkonomien. I et industrialisert samfunn vil fordelene ved å bevege seg mot en sirkulær økonomi ved å forlenge livsløpet til materialer og ressurser bidra til å redusere CO<sub>2</sub> utslippene opp mot 66%, som igjen vil kunne gi en vekst i antall arbeidsplasser og redusere miljøbelastning. Det vil også kunne føre til reduserte kommunale avgifter knyttet til avfallshåndtering (Stahel, 2019).

En annen definisjon som baserer seg noe mer på det sosiale aspektet ved sirkulær økonomi er diskutert av Eva Gladek. De syv hovedpunktene som Gladek presenterer knyttes nært opp mot både EUs bærekraftsmål og industriell økologi. Dette inkluderer at materialer må sirkuleres uten at verdien synker, og at all energi må være basert på fornybare kilder. Biologisk mangfold må støttes og forbedres gjennom menneskelig aktivitet. Samfunn og kultur må bevares samtidig som helse og sikkerhet for mennesker og andre arter støttes strukturelt. Menneskelige aktiviteter burde maksimere samfunnsverdien, og ressurser utvinnes og sirkuleres bærekraftig. Disse prinsippene må, etter Eva Gladeks mening, ligge til grunn for en sirkulær økonomi. For å få en reel sirkulær økonomi må disse prinsippene også utføres rettferdig, altså planlagt med en upartisk tankegang slik at alle kan ha nytte av gevinstene. Videre må prosessen være gjennomsiktig slik at materialene kan etterspores. Siste element i hennes definisjon er at modellen må være motstandsdyktig og sørge for kunnskapsoverføring (Gladek, 2019).

I *Circular Economy: The Concept and its Limitations* presenteres ulike fordeler sirkulær økonomi kan tilføre samfunnet, både økonomisk og sosialt. Ved en overgang til en sirkulærøkonomisk tankegang vil de forventede økonomiske fordelene være redusert bruk av råmaterialer og lavere energikostnader. Ressursene brukes også flere ganger, istedet for én som er tilfelle i en lineær økonomi. Konsekvensen av dette er en økt verdi på råmaterialene gjennom et lengre livsløp. Redusert bruk av ressurser som er kostbare fordi de ofte er en mangelvare vil være spesielt gunstig både økonomisk og med tanke på bærekraft og miljø. En bedrift som har et renommé som reflekterer miljøvennlige og ansvarlige verdier vil også kunne sies å ha et fortrinn og tiltrekker seg gjerne en større andel risikokapital. Slike bedrifter vil også kunne redusere egne kostnader knyttet til miljølover og skatter og avgifter (Korhonen et al., 2018). I forhold til det man får ut av sirkulær økonomi vil en verdikjede med færre lekkasjer og mindre tap være mer lønnsom i lengden. Det vil innebære reduserte kostnader for avfallshåndtering, reduserte kostnader knyttet til kontroll av utslipp og bedre utnyttelse av de ressursene man har tilgjengelig for verdiskapning.

Litteraturstudiet viser at prinsippene som omhandler temaet sirkulær økonomi er bygd opp rundt mange av de samme grunnforestillingene, men at de er formulert på ulike måter. Det har frem til nå vært størst fokus på sirkulær økonomi innenfor industri, prosess og produksjon av varer. Disse prinsippene beskrives i litteraturen gjennom mange fellestrekk der det kun er små forskjeller i hva som blir vektlagt i forhold til om det fokuseres på materialkvalitet, miljøpåvirkninger, økonomisk vekst og/eller sosiale påvirkninger. Selv om mange av prinsippene bygger på hovedelementene i en industriell økologi er det mye mulig å kunne overføre prinsippene til andre bransjer. Aspekter som å ivareta ressursenes verdi, forlenge levetiden og endre avfall til ressurser for nye prosesser og materialer er prinsipper som med fordel kan tas i bruk i byggebransjen. Med andre ord er det viktig å tenke på hvilke ressurser som puttes inn i materialsøyfen, ivareta ressursene og deres verdi mens de er i sirkulasjon i samfunnet, og minimere utgangsfaktorene ved å behandle avfallet på en bærekraftig måte.

### **2.3.2 Drivere og barrierer for overgang til en sirkulær økonomi**

Det er flere aspekter som som både har potensiale til å drive frem forandring eller sette en stopper for overgang til en sirkulær økonomi. Basert på gjennomgått litteratur er de vanligste klassifiseringer av slike drivere og barrierer knyttet til områder som økonomi, regulatoriske eller politiske forhold, samt kulturelle, sosiale eller sektorielle forhold. Innenfor hver av disse finnes det igjen aspekter som kan stimulere til en overgang til en mer bærekraftig og sirkulær drift av en bedrift, men også også aspekter som vil hindre at endringer kan gjennomføres. En oversikt over drivere og barrierer er gjengitt i tabell B.1 i vedlegg B.

Dersom man ser på det kulturelle aspektet er et selskaps miljøkultur viktig for en suksessfull implementering av sirkulær økonomi i en bedrift. Siden en overgang til sirkulær økonomi krever forandringer og investeringer er det nødvendig at det er etablert konsensus rundt en felles kultur som baseres på et sterkt ønske fra flertallet om å drive bærekraftig. Et virkemiddel for å få til dette kan være å implementere sertifiseringsordninger der det ligger prestisje i å oppnå en god miljøscore, som for eksempel gjennom BREEAM-NOR. BREEAM-NOR som er et miljøsertifiserings for bygninger, er også et hjelpemiddel for å gjøre prioriteringer knyttet til håndtering av ulike miljøpåvirkninger som oppstår gjennom bygging. Ved å ha rammer som også er samkjørt med bedriftens økonomiske, miljømessige og sosiale mål i tillegg til god interessentledelse, vil en overgang til en mer sirkulær modell kunne ha større sjanser for å lykkes. I tillegg kan etterspørselen etter BREEAM sertifiserte bygg, eller bygg med mindre økologisk fotavtrykk stimuleres gjennom workshops og andre læringsaktiviteter for å skape større engasjement og kunnskap om bærekraft gjennom hele verdikjeden. Langsiktige relasjoner og fokus på samarbeid på tvers i hele verdikjeder er derfor svært viktig for å støtte en mer bærekraftig produksjon innenfor virksomheter.

Det vil imidlertid også være barrierer knyttet til å opprette en sterk bedriftskultur. Det at den lineære økonomien er så godt implementert i samfunnet er en stor barriere i seg selv for å få til endring. Det må være motivasjon for utvikling og forandring for at en overgang til en sirkulær økonomi skal være vellykket. På sammen måte som interesse, kunnskap og engasjement i hele verdikjeden er essensielt for å lykkes, vil manglen på dette være en stor barriere. Bedriftene må være åpne for et tett samarbeid mellom virksomheter og interessenter som har den sirkulære modellen som sin fremtidsvisjon.

For å lykkes er det også viktig at lovgivningen og de regulerende myndigheter støtter opp under en overgang til sirkulær økonomi. Mye av regelverket baserer seg på den lineære økonomiske modellen, og dette legger en rekke hindringer for bedrifter som ønsker å legge om egen virksomhetsplattform til en mer bærekraftig. Regulatoriske drivere kan omfatte politisk støtte og bruk av offentlige anskaffelsesregimer, reguleringsreformer, finansiell støtte og produsentansvar. På den andre siden vil mangel på et konsistent regelverk, begrensende lover og regler samt mangel på insentiver som støtter en bærekraftig drift fungere som barrierer.

Den største barrieren er ofte den finansielle siden den eksisterende lineære økonomien ofte baserer seg på kortsiktig gevinst og rask profitt. Ofte blir de transaksjonelle forhold favorisert fremfor langsiktig samarbeid. Det vil også kreve nye økonomiske midler, og investeringer, for å kunne iverksette en mer bærekraftig linje, og høye kostnader er derfor gjerne en fremtredende barriere. Videre er både ekstraksjon av jomfruelige materialer og deponi relativt billig slik systemene er i dag. Dette medfører at for bedriftenes økonomiske situasjon er det ofte få økonomiske insentiver som vil stimulere til å jobbe for en overgang fra den lineære- og til den sirkulærøkonomiske modellen.

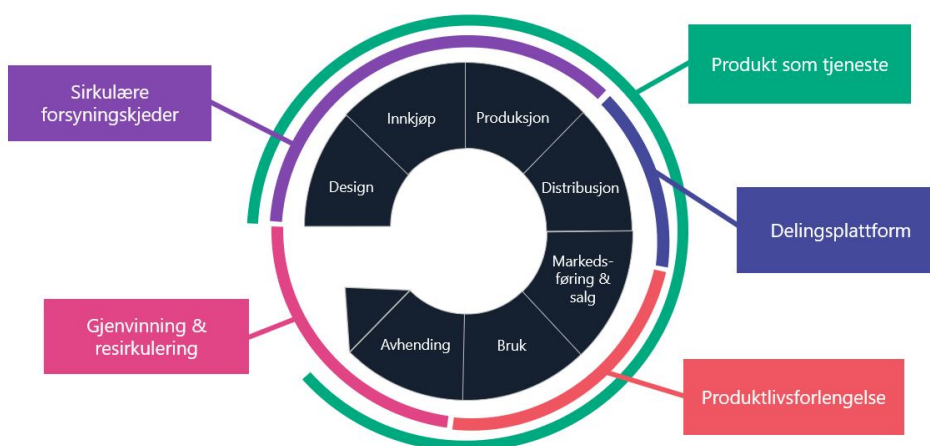
Byggebransjen blir ofte beskrevet som en bransje som er noe konservativ i forhold til forandringer. Derfor er det knyttet flere sektorielle barrierer til en sirkulærøkonomisk overgang. En rapport fra Deloitte, *Norwegian Circular Economy Benchmark 2017* viser at byggebransjen ligger under det norske gjennomsnittet for digital innovasjon, men viser et høyere fokus på nettverks-, prosess- og produktytelse mens lavere fokus på gevinstmodell og kundeengasjement sammenlignet med det norske gjennomsnittet. Mangel på en felles visjon for industrien, med lange livssyklusanalyser for produktene, omfattende og komplekse lovverk og få insentivordninger er pekt på som sektorielle barrierer. Det er knyttet tekniske utfordringer vedrørende materialgjenvinning, og lite utbredt bruk og utvikling av design- og samarbeidsverktøy som fokuserer på sirkulær økonomi. For å øke fokuset innenfor bransjen vil en tydeligere visjon for bedriftens arbeid med sirkulær økonomi, økt fokus på innovasjon samt utstrakt kunnskapsdeling og samarbeid på tvers av aktøren og samarbeid være hjelpemidler som kan få fortgang i den ønskede endringen.

Det som kommer tydelig frem er at det må legges bedre tilrette for en sirkulær økonomi dersom samfunnet skal lykkes med en slik endring. Ut i fra litteratur og erfaring er det vanskelig å skape endringer med mindre de fører til økonomisk lønnsomhet eller ved at det vedtas lover fra myndighetene som stiller krav til endring.

### 2.3.3 Forretningsmodeller

For å få til en sirkulær økonomi er det viktig å etablere nye forretningsmodeller som støtter den sirkulærøkonomiske tankegangen. Et grunnleggende eksempel på hva slags forretningsmodeller og i hvilke stadier de kan brukes vises i figur 2.5. For å få til dette er utvikling av teknologi, endring av måten råvarer forbrukes og finne nye løsninger som sikrer at materialene beholdes i kretsløpet så lenge som mulig veldig viktig. Forretningsmodellene må baseres på en modell der produktets levetid forlenges og produktene defineres som tjenester. Ved å innføre et tjenestebegrep der produktene leies i stedet for å kjøpes, vil man stimulere til økt kvalitet for å kunne gjenbruke og ombruke produktene over en lang tids-horison. I tillegg vil produktene være mer egnet for reparasjoner da utleierene vil være opptatt av at materialene har høy standard, i motsetning til å jobbe med produkter man må kaste dersom de blir ødelagt. Dette vil på kort sikt medføre en høyere initiell kostnad, men kvaliteten vil forbedres og mindre ressurser vil gå tapt i det lange løp.

Ulike delingsplattformer er også et godt utgangspunkt for å etablere forretningsmodeller som er bærekraftige. Man ser at dette har blitt mer og mer vanlig i andre aspekter av samfunnet, for eksempel knyttet til hvordan ulike bransjer vurderer bilen som en tjeneste (nabobil), utleie av leiligheter som ikke er i bruk (AirBnb) og liknende. Produktinnovasjon vil få økende oppmerksomhet og også arbeidsprosessene og tjenestene til sluttbruker må tilpasses.



**Figur 2.5:** Basis for sirkulære forretningsmodeller (Lacy and Rutquist, 2015)

I sirkulærøkonomien vil høy kvalitet på materialene være helt sentralt for å lykkes. Det vil ikke lenger bare handle om å selge så mye som mulig, så billig som mulig, men også om hvor lenge materialene varer. Det vil derfor være behov for å utvikle mer holdbare og miljøvennlige produkter og tjenester, som kan vedlikeholdes, videreutvikles, deles og gjenbrukes, samtidig som det både skaper ny verdi og sikrer samfunnets arbeidsplasser. I den sirkulære økonomien vil eierne kunne tjene penger på for eksempel bygningsdelene etter at de er demontert. Det trengs derfor forretningsmodeller som motiverer og belønner ledd i verdikjeden som bidrar til dette. I dagens økonomi vil ofte prisene på materialer og naturressurser være for lave og vil i hovedsak kun gjenspeile kostnadene forbundet med utvinning og kortsiktig profitt, men ikke med ressursuttømming eller miljøkostnader. Da vil bare et fåtall sirkulære alternativer være fornuftig fra et bedriftsøkonomisk perspektiv (Andersen, 2007).

### 2.3.4 Masseforvaltning og Ressursknapphet

Fra gammelt av var det både mer naturlig og betydelig mer nødvendig å tenke ombruk av materialer. Hvis man for eksempel ser på laftehus ble komponentene brukt om igjen når huset ble demontert. Byggets komponenter var renere og det ble ofte lagt opp til enkel demontering når bygningsdesignet ble valgt. I dag er komponenter ofte mer komplekse og sammensatte av ulike typer materialer som er utfordrende å demontere og bruke om igjen. Dersom disse sammensatte materialene er vanskelig å separere ser man at de oftere går til deponi fordi det ikke finnes gode nok løsninger i forhold til tid og økonomi. Likevel er en modernisert tilnærming til det gamle prinsippet om gjenbruk kanskje på vei opp med økt bruk av modulbygg, prefabrikkerte løsninger og mer standardisert produksjon.

Dagens ressursforvaltning, som ofte defineres av en utbredt bruk-og-kast mentalitet, oppstår det gjerne to store utfordringer. Avfallsproduksjonen er for stor og for kompleks til at det håndteres optimalt, samtidig som samfunnet mangler ressurser. Utvinning av jomfruelige materialer krever mye energi, det kan være ødeleggende for landskapet og økosystemene, og det er dessuten lite effektivt med tanke på ressursutnyttelse. Det er flere av råmaterialene samfunnet i dag er avhengige av som det begynner det å bli knapphet på. I Norge er det generelt ikke et stort problem enda da vi fremdeles har god tilgang på de fleste ressurser, men for andre land som for eksempel Nederland, har en implementering av sirkulær økonomi og en bedre ressurs håndtering vært nødvendig da det allerede er knapphet på flere ressurser.

Ettersom folketallet på jorda øker, byer bygges ut og overforbruket fortsetter vil ressursknapphet sannsynligvis bli en stor utfordring. Bygg- og anleggsbransjen vil være en stor del av denne ligningen. Massehåndteringen i bygg- og anleggsbransjen er allerede en belastning på miljøet i form av blant annet transport, materialbruk, støy og forurensning. Massedisponering kan både ha direkte og indirekte effekter på flora og fauna ved forurensninger i form av støv, avrenning av nitrogen og ammoniakk, plastforurensninger og helse- og miljøgifter. Det er derfor essensielt at massene håndteres på en bærekraftig og forsvarlig måte.

For avfall- og gjenvinningsbransjen vil en overgang til en sirkulær økonomi kreve en stor omveltning, fra å drive med avfallshåndtering til å bli en produsent og distributør av materialer, produkter og masser. Det finnes heldigvis allerede gode eksempler på at det er gode fortjenestemuligheter innenfor denne delen av verdikjeden.

### **2.3.5 Vurderingsmetoder i en sirkulær økonomi**

For å kunne evaluere hvor bærekraftig materialer, komponenter eller bygg er, trengs det metoder som tallsetter påvirkningen de har på samfunnet, økonomien eller miljøet. Livsyklusanalyse (LCA) er en miljømessig regnskaps- og styringsmåte som tar hensyn til alle aspektene ved ressursbruk og miljøpåvirkninger knyttet til et industrisystem (Curran, 2008). LCA bygger på prinsippet om å kvantifisere typen og mengden miljøbelastning gjennom alle stadier i et produkts levetid fra vugge-til-grav, basert på blant annet bidraget til global oppvarming og helse- og miljøskadelige stoffer. LCA vil også inkludere vurderinger rundt arealbruk, mengden forbrukt vann og ressursuttømming (Kopperud, 2016). LCA er et viktig fundament for å etablere et verktøy som kan benyttes for å måle eller vurdere hvor miljøvennlig materialene i et prosjekt er. Det finnes flere slike kvantifiserende metoder, og ettersom det har blitt mer prestisje å bygge klimavennlig, har vurderingsmetodene også blitt bedre og mer vanlige.

En miljødeklarasjon kan også være et hjelpemiddel for produsenter for å sammenlikne



miljøprofiler for ulike materialer slik at man kan ta miljøvennlige valg. En slik miljødeklarasjon, er vanligst i form av en EPD (Environmental Product declaration). Dette er en standardisert og objektiv vurdering av et material eller produkts miljøprofil. En EPD er laget med basis i en LCA, men har den ulempen at dette er vugge til grav beregninger, og dermed ikke gir noen garantier for at materialene vurderes for å tilbakeføres i materialsyklusen.

BREEAM-NOR er et miljøsertifiseringssystem i byggebransjen som blant annet benytter LCA for å gjøre vurderinger knyttet til miljøpåvirkning. Målet er å inspirere byggeaktører til å ha et bærekraftig design og en bærekraftig byggeprosess. BREEAM-NOR tilbyr også veiledning i hvordan prosjekter kan planlegges for å oppnå mest mulig poeng. Dette bidrar til å tenke mer bærekraftig tidlig i en byggeprosess. De ulike vurderingskategoriene for BREEAM kan ses i figur 2.6.



**Figur 2.6:** Vurderingskriterier i BREEAM

Det er også flere vurderingsmetoder som kan benyttes til å vurdere virkningen av en byggebransje som tenker sirkulær økonomi. Eksempler på slike metoder er DEA/I–O (Data Envelopment Analysis/input output), LCI og LCIA (Life Cycle Inventory og Life Cycle Impact Assessment), Em og Ex (Emergy/Exergy approach) og MFA, MCA og MFCA (Material Flow Analysis, Material cost analysis, Material flow cost analysis) (Sassanelli et al., 2019), men disse kommer ikke til å bli kommentert ytterligere i oppgaven.

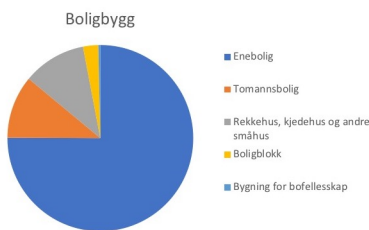
## 2.4 Sirkulær økonomi i Bygg- og anleggsbransjen

Bygg- og anleggsbransjen er en stor del av norsk næringsliv og sysselsetter i dag i overkant av 8,5% av befolkningen i Norge (SSB). Bransjen er voksende og den er også ansvarlig for

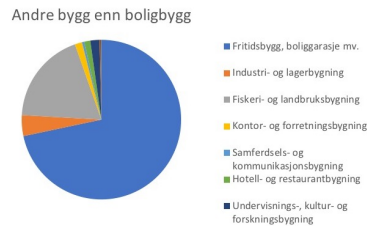
en stor prosentandel av verdens forbruk av råmaterialer, klimagassutslipp og produksjon av avfall. Tatt i betraktning av at bransjens utvikling har beveget seg mot en noe mer miljøbevisst retning er veksten i bransjen fremdeles såpass stor at bidraget fra bransjen uansett vil ha en negativ innvirkning på målsettingen om å etablere en mer bærekraftig utvikling. Det er derfor fremdeles et stort forbedringspotensial som kan realiseres ved at BA-næringen selv tar bedre tak i de miljørelaterte utfordringene.

## 2.5 Dagens bygningsmasse

I Norge finnes det i dag rundt 4,2 millioner bygninger. Denne bygningsmassen er hovedsaklig delt inn i boligbygg og andre bygg enn boligbygg. Andelen boligbygg utgjør ca 37% av byggene mens resten utgjør da 63% og inkluderer blant annet fritidsboliger og ulike næringsbygg. Fordelingen i de to kategoriene kan ses i figur 2.7 og 2.8 for henholdsvis boligbygg og resten.



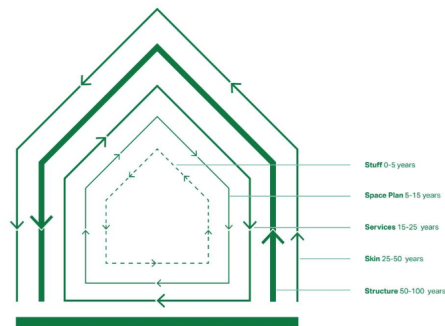
**Figur 2.7:** Fordelingen av ulike typer boligbygg (SSB)



**Figur 2.8:** Fordelingen av bygninger ekskludert boligbygg (SSB)

Levetiden på et bygg er avhengig av blant annet materialene, anvendelsen og hyppighet av vedlikehold. Det skilles mellom ulike typer levetider for bygninger, der alle materialtyper vil ha ulik levetid. Levetiden kan defineres som tiden før bygningskomponenten eller bygningsmaterialet ikke lenger oppfyller et gitt minimumskrav. Det skilles også mellom levetid og brukstid, der brukstid defineres som den totale levetiden for bygget frem til det rives eller det gjennomføres en omfattende ombygging eller renovering (Kampsæter et al., 2009). Det er vanlig å skille mellom teknisk levetid, funksjonell levetid, estetisk og økonomisk levetid. Den tekniske levetiden tar for seg teknisk slitasje på materialer som fører til at materiale ikke lenger oppfyller de tekniske forskriftene. Den funksjonelle levetiden vil ivareta brukerkravene. I prinsippet vil det være den funksjonelle levetiden som vil være begrensende knyttet til utskiftninger av bygningskomponenter, og ofte endres brukerkravene hyppigere enn tiden det tar å slite ut materialene. Den estetiske levetiden vil defineres ved at en gitt bygningskomponent ikke lenger er visuelt estetisk tilfredsstillende. Denne typen

levetid burde ikke være spesielt relevant for bygningsindustrien da det hovedsakelig gjelder maling, kledning samt deler som skiftes ut oftere. Likevel er vil estisk levetid på komponenter som ikke lett kan oppgraderes føre til hyppigere rehabiliteringsprosjekter. Den siste typen levetid, økonomisk levetid, er i teorien den reelle levetiden. Den økonomiske levetiden kan likevel ikke overskride den tekniske levetiden, og vil være en optimalisering av tiden før det er nødvendig med utskiftning.



**Figur 2.9:** Eksempler på levetidene i lagdeling i en bygnings struktur (3XN, 2019)

Figur 2.9 representerer en overordnet representasjon av de ulike levetidene i et bygg. Den innerste sirkelen representerer tingene, altså de flyttbare objektene i et bygg. Disse vil byttes ut oftere på bakgrunn av trender og/eller brukerkrav. Eksempler på “ting” i bygninger kan være møbler, lamper osv som ofte har en kort livssyklus og jevnlig vil byttes ut. Dette burde likevel tas med som en del av regnestykket når bygningens totale ressursforbruk skal estimeres, for å oppnå maksimal sirkulæret og ikke forhindre fleksibilitet og gjenbruk. Likevel vil det ikke inkluderes i kategorien byggeavfall da det ikke er fast inventar. Etter tingene er det planløsningen som gjennomgår mest utskiftning for at bygninger kan tilpasses endrede behov definert av beboere. For å forlenge levetiden burde planløsningen optimaliseres med tanke på allsidighet og tilpasningsevne uten å påvirke de gjenværende bygningslagene.

Bygningstjenester er systemer installert i bygninger for å gjøre dem komfortable, funksjonelle, effektive og trygge. Tjenestene i bygget er vanligvis semipermanente, integrerte systemer, som blant annet VVS, heiser, lys og sikkerhetssystemer. Disse strukturene vil gjennom bygningens levetid kreve inspeksjon, vedlikehold og utskiftning. Nest lengst levetid er det ytre skallet på bygningen. Dette inkluderer utvendig kledning, takmateriale. Dette laget skal beskytte bygningen fra ytre påkjenningen som vær og klima. Grunnet denne eksponeringen forventes det bygnings huden å bli erstattet eller i det minste gjennomgå en omfattende reovering. Dette gjør det viktig at fasaden lett demonteres uten verdifall (Castro and Pasanen, 2019).

Bygningens struktur er vanligvis det aspektet med lengst levetid. Dersom strukturen ikke oppfyller de relevante kravene lenger, medfører dette omfattende rekonstruksjoner, muligens også riving av bygget. Kvaliteten på disse materialene må derfor være så gode at de varer i hele lengden av bygningsen prosjekterte levetid. Strukturen er ofte gjemt inne i vegger og gulv og er derfor ikke umiddelbart tilgjengelige. De strukturelle materialene har ofte lang levetid sammenlignet med bygningens andre komponenter, så det er viktig at de kan demonteres og brukes på nytt i andre bygninger. De vanligste strukturelle materialene i bygninger er tre, mur eller betong, og stål. De vanligste bruksområdene for disse materialene kan ses i tabell 2.1.

**Tabell 2.1:** Boligtyper og vanligste strukturelle konstruksjonsmateriale. Tabellen er oversatt fra (Bohne and Wærner, 2014)

Bygningstyper	Tre	Mur /Betong	Stål
Eneboliger	X	x	
Rekkehus	X	x	
Tomannsbolig	X	x	
Høyhus		X	x
Næringsbygg	X	X	x

Stor "X" betegner de vanligste strukturelle materialene  
Liten "x" betegner de mindre vanlige strukturelle materialene.

Når alle deler av en bygning antas å ha ulike levetider er det en utfordring å planlegge for bærekraftig demontering og ombruk. For de fem lagene i bygninger, fra figur 2.9, er det muligheter for å optimalisere levetiden for bygget ved å velge riktige materialer og vedlikeholdsmetoder. Tabell 2.2 viser at det er slingringsmonn i levetid bygningsdeler, både med tanke på funksjonell og teknisk levetid. Dette slingringsmonnet gjør det utfordrene å forutse hvilke materialer som kommer til å bli tilgjengelig med tanke på ombruk og materialgjenvinning. I Norge i dag er det ingen direkte krav for levetider på bygningskomponenter. Likevel er levetiden til bygg, eller deler av bygg, en viktig faktor for å kunne bestemme verdien, gjennomføre tilstandsvurderinger og livssyklusanalyser og samt for å kunne gjøre en vurdering av bygget i henhold til viktige miljøkrav. Videre vil livssyklusanalyser og livssyklus-kostnader være viktig for å kunne bestemme hvor stort miljøfotavtrykk en bygning har. Livssyklusanalyser vil vise at et bygg med lengre levetid vil ha et mindre økologisk fotavtrykk (Kampsæter et al., 2009)

**Tabell 2.2:** Forskjell mellom teknisk og funksjonell levetid

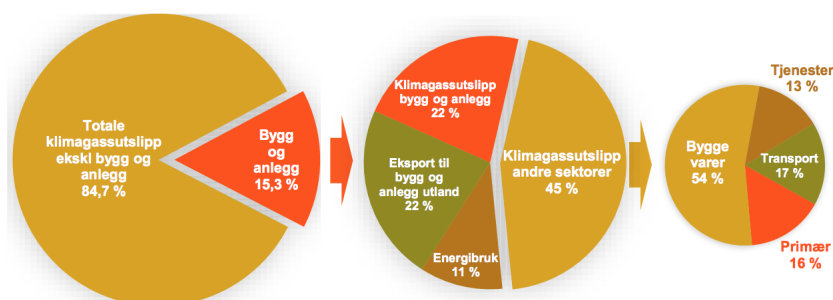
Bygningsdel	Teknisk levetid [År]	Funksjonell levetid [År]
Fasadekledning	40-60	21+
Vinduer, dører	40	16-20
Lettvegger	40	16-20
Himling - overflater	40	16-20
Gulvbelegg	20-40	16-20
Utvendig overflate	25-60	16-20
Trapper	100	21+
Balkonger	60	21+

Utdrag av tabell fra (Kampsæter et al., 2009)

## 2.5.1 Klimagassutslipp

Bygg- og anleggsnæringen var lenge kjent som 40% s bransjen og stod for 40% av energibruk i verden og for 40% av CO<sub>2</sub>-utslipp. Dette tallet inneholder klimabidrag fra bygnings energibruk, klimagassutslipp knyttet til materialbruk og direkte utslipp på byggeplassen.

I 2019 utarbeidet Byggnæringens Landsforening i samarbeid med Asplan Viak en rapport omhandlende bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp. I denne rapporten slår de fast at bygg- og anleggssektoren bidrar med over 2 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter årlig (Asplan Viak, 2019). Dette inkluderer utslippet som skjer på byggeplassen, og transporten til og fra plassen, samt bygging av veier, baner og andre anlegg. Figur 2.10 indikerer at bygg- og anleggssektoren i dag står for totalt litt over 15% av klimagassutslippet i Norge. Videre kan man se at byggevarer er dominerende ved andelen av klimagassutslipp i andre sektorer som følge av aktiviteter innen bygg og anlegg. Denne andelen tilsvarer 24% av de norske utslippene fra bygg og anlegg (Asplan Viak, 2019).



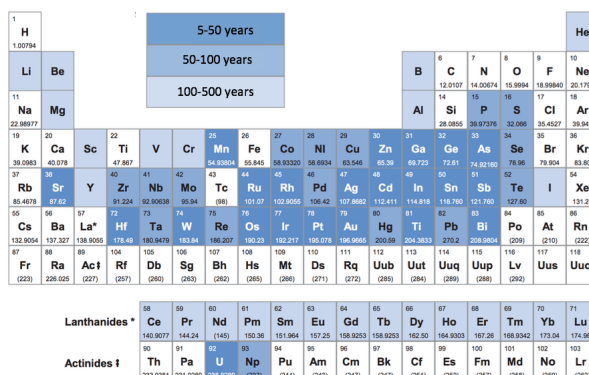
**Figur 2.10:** Bygg- og anleggssektorens andel av nasjonalt klimagassutslipp (Asplan Viak, 2019)

Fra figur 2.10 kan man også se at klimagassutslipp knyttet til andre sektorer grunnet BAnæringen er den største. Disse bidragene er analysert ved hjelp av omfattende kryssløpsmodeller for relativt nøyaktig kunne beregne utslippene til andre sektorer som følge av aktiviteter innen bygg og anlegg (Asplan Viak, 2019). Det har i de siste årene blitt større fokus på utslipp knyttet til materialbruk og årsaker til dette kan være blant annet at en klimavurdering i systemperspektiv har blitt mer omfattende, med nullutslippsbygninger, nullenergibygg og liknende.

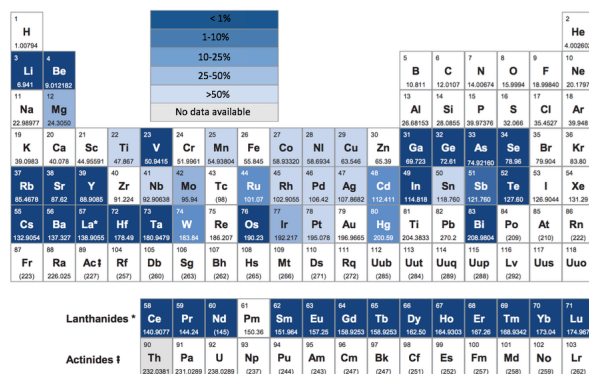
### 2.5.2 Forbruk av råmaterialer

Byggesektoren forbruker mellom 40 og 50% av jordas råvarer på global basis og dette forholdstallet antas å være retningsgivende for forbruket også i Norge (Bygg 21, 2018). Et såpass stor forbruk vil ikke være bærekraftig på lang sikt og bygg- og anleggsbransjen har derfor et særskilt ansvar for å ta tak i dette. Siden det i dag er relativt sett billig å hente ut jomfruelige materialer vil også omstillingen bli svært utfordrende. Gjenvinning og ombruk kan være gode eksempler på tiltak som byggebransjen kan ta tak i tidlig og en rekke eksempler fra litteraturstudiet støtter opp under nettopp dette. Nye produksjonsteknikker og økt prefabrikkering er også forhold som vil bidra positivt. Et lovverk som også følger opp denne muligheten og tilrettelegger for dette vil kunne gi ytterligere positiv verdi.

Den byggeprosessen som brukes i dag fører til at ressursene forbrukes og vil på et tidspunkt stå i fare for å ta slutt. Flere metaller er de som er mest utsatt for å bli knappe, men også sandressurser til produksjon av betong er i faresonen. *Ellen MacArthur Foundation* har presentert hvor mange år som er igjen ved den utvinningshastigheten som var gjeldene for ulike grunnstoffer. Figur 2.11 viser hvor mange år som er igjen, mens figur 2.12 viser hvor stor gjenvinningsraten er for grunnstoffene. Dette viser at tilførsel av viktige ressurser er begrenset, samtidig som gjenvinningsgraden for mange er fortsatt lav. Dette er også representativt for flere de litt større materialtypene som brukes i bygg. Det forbrukes store mengder, uten at det gjøres noen større vurdering vedrørende ressurseffektivitet og knapphet.



Figur 2.11: Gjenværende år til uttømming av kjente reserver (Butterworth et al., 2014)



Figur 2.12: Gjeldende gjenvinningsrate (Butterworth et al., 2014)

### 2.5.3 Avfall

Avfall defineres i følge forurensningsloven som *løseøregjenstander eller stoffer som noen har kassert, har til hensikt å kassere eller er forpliktet til å kassere* (Lovdata). Det produseres store mengder avfall i bygg- og anleggsprosjekter. Siste data SSB har utgitt viser at bygg- og anleggsbransjen i 2018 produserte 1,9 millioner tonn avfall. Fordelingen av avfallet produsert fra nybygg, rehabilitering og riving står for ca 25% av avfallet i Norge med en fordeling på hhv 34,7%, 24,3% og 40%.

Avfall er definert ulikt i lineær og sirkulær økonomi. I den lineære økonomien er avfall materialer eller produkter som har oppfylt sin funksjon. Dette kan da videre gjenvinnes eller deponeres. I den sirkulære økonomien er fokuset endret til å se på avfall som en ressurs. Den sirkulære økonomien har som mål å innovere hele verdikjeden med produksjon,

forbruk, distribusjon og gjenvinning av materialer og energi i en vugge til vugge-visjon (Ghisellini et al., 2018). I følge *The circularity gap report* fra 2018 er verden kun 9% sirkulær (Circle economy, 2019). Dette betyr at kun 9 prosent av utvunnede materialer forblir en ressurs lengre enn produktets antatte livssyklus. Dette viser at den lineære modellen bygd rundt prinsippet fra vugge-til-grav er den mest mest utbredte. Videre fastsettes det at den sirkulære trenden er negativ, at mindre av verdiene i økonomien kommer tilbake til syklusen.

### 2.5.4 Byggeprosessen

Byggeprosessen begynner med et behovsavklaring og følger prosessene gjennom hele livsløpet til bygninger. Allerede i behovsavklaringen er det viktig å kartlegge miljøstrategier i tillegg til en behovsanalyse der prosjektleder og prosjekteier på enes om prosjektets rammebetingelser der mål og krav i prosjektutførelsen bestemmes. Kostnader, prosjektgruppe og organisasjonsstruktur bestemmes også i denne fasen. Behovsavklaringen er en viktig fase for å samkjøre interesser og mål. I denne fasen kan man velge i hvor stor grad miljø og bærekraftsvurderinger skal påvirke prosjektet. Videre vil det under konseptutvikling- og bearbeidingsfasen i bygg- og anlegg konseptet som etterkommer behovet og prosjekt-målet på best mulig måte vurderes (ANS, 2019).

Detaljprosjekteringen utføres, avhengig av entreprisform, av enten byggherren eller entreprenøren. Her er det viktig at de ressursene og den kompetansen som er nødvendig er på plass slik at prosjektet følger forretningsplanen, samt at det sikres en realisering av gevinstene (ANS, 2019). Videre vil selve byggearbeidet bli gjennomført i utførelsesfasen. Når bygget er ferdigstilt starter overleveringsfasen der prøvdedrift, overtakelsesbefaringer og signering av overtakelsesprotokoller og eventuell reklamasjon foregår.

Under alle disse stegene i byggeprosessen er viktige å tenke bærekraft og sirkulært. Det er spesielt viktig å legge et grunnlag som støtter under de bærekraftige prinsippene tidlig. Selv om bærekraft og miljø allerede er et tema i behovsavklaringen og at det i konseptutviklingsfasen gjøres vurderinger av aspekter rundt bærekraft, og at det er krav til miljø- og avfallsplan for prosjektet er det tradisjonelt lite håndhevelse videre i prosessen. Der- som det ikke er etterspurt av byggherre er det lite fokus på bærekraft sammenlignet med aspekter som kostnader og tid.

På byggeplassen vil det være en prosjektledelse, samt entreprenører, underentreprenører o.l. som alle skal sørge for at prosjektet går etter planen. Slik byggeprosessen er i dag vil store deler av produksjonen foregå på slette byggeplassen. Alt fra resiverk, gipsplater og rørverk kappes og tilpasses ute på plassen. Plantegninger er fortsatt mye brukt, selv om teknologi i form av for eksempel BIM-modeller brukes i større grad i dag.



### 2.5.5 Lovverk

Bygg, anlegg og eiendoms-næringen i Norge har flere lover og regelverk som må følges. Eksempler på viktige lovverk er Plan og Bygningsloven, Byggteknisk forskrift, Forskrift om dokumentasjon av byggevarer, forurensningsloven og avfallsforskriften. Disse lovene skal blant annet sikre at byggene er sikre rent konstruksjonsmessig, og sikre tilstrekkelig motstand mot brann, minimere innhold av helse- og miljøskadelige stoffer og at avfallet blir tilfredsstillende behandlet. Det er også krav til at byggene skal være bærekraftige.

Europakommisjonen la i 2015 fram en sirkulær økonomi-pakke. Denne pakken inkluderer en handlingsplan for sirkulær økonomi og inkluderer endringer i flere direktiver som rammedirektivet om avfall, emballasjedirektivet, deponidirektivet, direktivet om kasserte kjøretøy, batteridirektivet og direktivet om elektrisk og elektronisk avfall (Klima- og miljødepartementet, 2017). EUs rammedirektiv er ledende for reguleringer i norske bestemmelser. De nye tiltakene som er presentert i den sirkulærøkonomiske pakken inkluderer alle trinn i livssyklusen til et produkt. Fra regjeringens nettsider står det at “Endringene i rammedirektivet om avfall omfatter økte mål for forberedelse til ombruk og materialgjenvinning av husholdningsavfall og lignende avfall fra næringslivet. Endringene omfatter også en presisering av hvordan materialgjenvinning skal beregnes og nye minimumskrav til produsentansvarsordninger, det vil si ordninger som skal sikre at produsenter tar ansvar for produktene når de har blitt avfall. EU-kommisjonen vil videre følge opp medlemslandenes måloppnåelse, blant annet gjennom et system for tidlig varsling” (Klima- og miljødepartementet, 2014).



**Figur 2.13:** Lovverk og forskrifter i bygg og anlegg

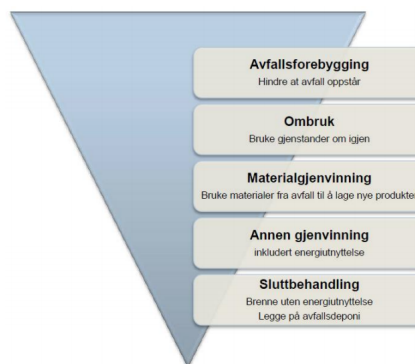
Figur 2.13 henviser til at plan og bygningsloven (PBL) er det overordnede regelverket for byggeprosjekter. Plan og bygningsloven setter regler knyttet til regulering og bruk av arealer og forsvarlig utførelse og kontroll av utførte arbeider. Planlegging etter plan- og

bygningsloven skal sikre koordinering mellom statlige, regionale og kommunale oppgaver og samtidig sørge for et underlag for vedtak om bruk og vern av ressurser. Bestemmelsene knyttet til byggesaksbehandlingen har som mål å sikre at tiltak overholder med hensyn til lov, forskrift og planvedtak, og at tiltakene utføres på en forsvarlig måte (PBL).

Videre i hierarkiet følger byggeforskriftene, som byggteknisk forskrift (TEK17), byggesaksforskriften (SAK), forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK). Disse forskriftene skal utfylle plan- og bygningslovens regler. TEK17 er en forskrift vedrørende de tekniske kravene i bygninger, og skal sikre at minimumskravene til energi, miljø, helse og sikkerhet. SAK omfatter utdypende regler knyttet til byggesaksbehandling, kvalitetssikring og kontroll, nødvendig tilsyn, og følger dersom reglene ikke følges. DOK beskriver regler knyttet til dokumentasjon og omsetting av byggevarer.

## 2.6 Avfallshåndtering i byggebransjen

Avfall er et sentralt aspekt i en overgang til sirkulær økonomi. Da det er essensielt at perspektivet på avfall forflytter seg fra et problemområde som må avhendes til heller å vurderes som en ressurs. Som tidligere nevnt er bygg- og anleggsbransjen store produsenter av avfall. For å skape en vellykket sirkulær økonomi i samfunnet er det viktig at produkter og materialer designes for et lengre livsløp, altså muligheter for reparasjon, ombruk eller gjenvinning. I dagens lineære økonomi er det store mengder ressurser som går til deponi. En avfallspyramide som vist i figur 2.14 viser at den beste ressursutnyttelsen vil oppnås ved å redusere mengden avfall, altså å aktivt hindre at avfall oppstår. Ombruk er definert som det nest mest gunstige alternativet, da å bruke materialer eller produkter om igjen vil kreve mindre energi og generere mindre avfall enn neste steg på pyramiden som er gjenvinning. Deponi vil være det minst gunstige alternativet, og verdien til ressursen tas da ut av kretsløpet.

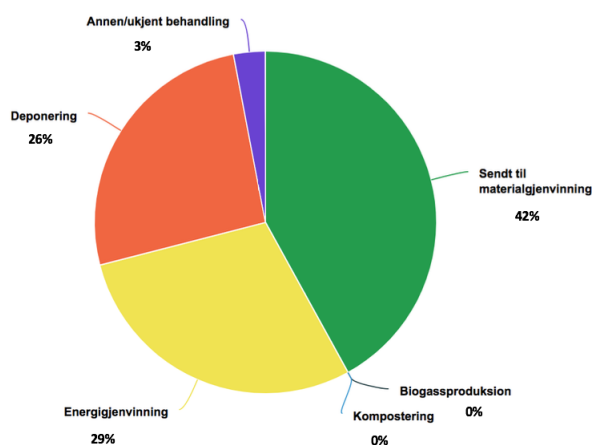


**Figur 2.14:** Avfallspyramide (Stahel, 2019)

*Den som produserer næringsavfall, skal sørge for at avfallet blir brakt til lovlig avfallsanlegg eller gjennomgår gjenvinning, slik at det enten opphører å være avfall eller på annen måte kommer til nytte ved å erstatte materialer som ellers ville blitt brukt*

#### Forurensningsloven paragraf 32

De fleste store prosjekter har en sorteringsgrad de ønsker å overholde enten grunnet krav eller mål fra byggherrer eller bedriftens egen miljøprofil. Hovedfokus i forhold til bærekraft innenfor byggenæringen ligger hovedsakelig på gjenvinning av materialer. Det har vært store forbedringer knyttet til å redusere avfall som går til deponi og den siste utgaven av den nasjonale handlingsplanen for avfall i bygg- og anleggsbransjen forteller at material- og energigjennvinningsprosenten nå ligger mellom 80% og 86%, og at stadig større andel av det farlige avfallet ankommer godkjente mottak (Strand, 2018). Dette er over målsettingen fra EUs avfallsdirektiv der 70 prosent av avfallet fra både bygge- og anleggsnæringen skal materialgjennvinnings innen 2020. Tall fra SSB viser likevel at mindre bygg- og anleggsavfall går til materialgjenvinning (SSB, 2019). Figur 2.15 viser fordelingen av avfallsbehandlingen, der store mengder fremdeles går til deoni, mens 71% går til material- eller energigjenvinning.



**Figur 2.15:** Håndtering av avfall fra byggeaktivitet (SSB, 2019)

Materialer og/eller produkter kan opphøre å defineres som avfall dersom de har gjennomgått gjenvinning, er alminnelig brukt til bestemte formål, kan omsettes i et marked eller er gjenstand for etterspørsel, innfrir de tekniske kravene som følger av de aktuelle bruksområdene og eventuelle produktkrav og -standarder, og ikke medfører nevneverdig høyere risiko for helseskade eller miljøforstyrrelse enn tilsvarende gjenstander og stoffer som el-

lers kunne blitt brukt (§27 forurensningsloven (Lovdata)).

Dersom man ser på avfallspyramiden er ombruk, materialgjenvinning alternativer som foretrekkes fremfor avfallsdeponi. Det er likevel er det også utfordringer knyttet til alle disse aspektene.

### 2.6.1 Ombruk

Ombruk defineres som “multippel bruk av et produkt, i dets opprinnelige form, for dets opprinnelige formål, eller for et alternativt formål, med eller uten ytterligere bearbeiding” (Nordby and Wærner, 2017). Nøkkelordet her er opprinnelige form, for dets opprinnelige formål (med eller uten visse tilpasninger). For at ombruk skal gi en miljønytte er det viktig at ombruket hindrer nyproduksjon.

Som tidligere nevnt er det mange regler og rammeverk som må følges i forbindelse av konstruksjonen av et byggverk. Materialer som vurderes for ombruk må ifølge Direktoratet for byggkvalitet, heretter referert til som DiBK, oppfylle de samme kravene som materialer fra nyproduksjon må. For å kunne ombruke komponenter og materialer må kravene i både DOK og TEK være oppfylt. Det rammeverket som eksisterer i dag er ikke tilpasset ombruk av materialer. Avhengig av hvilket bruk som er planlagt for materialene må egenskaper og kvalitet dokumenteres. Siden bygninger har relativt lang levetid kan det være vanskelig å få tak i original dokumentasjon. Selv om den originale dokumentasjonen var å oppdrive må materialer som har vært i bruk gjennomgå yttligere testing for å bestemme om egenskapene fremdeles er tilfredsstillende og oppfyller de tekniske kravene. Gyldig dokumentasjon for omsetting av varer avhenger av produksjonsår da dagens rammeverk ikke har tilbakevirkende kraft, likevel må dokumentasjon om at krav og reguleringer tilfredstilles skaffes. Dersom det ikke finnes noen gyldig dokumentasjon er det nødvendig med ny produktokumentasjon for byggevaren. Denne dokumentasjonen må være i samsvar med harmoniserte standarder eller liknende som ETA (European Technical Assessment) med tilsvarende krav. Disse standardene er utarbeidet for nyproduksjon og er lite egnet for ombrukte materialer. Kravet om dokumentasjon må oppfylles selv om ombruket er internt. Det vil da ikke faller under DOK, alstå omsetting av byggevarer, men de tekniske kravene i TEK og dokumentasjonen som følger med dette må fremdeles tilfredsstillere kravene.

Lagring er en annen utfordring knyttet til ombruk, da det kreves store arealer for oppbevaring som ikke fører til skade eller forringelse av kvalitet på materialene.

### 2.6.2 Materialgjenvinning

Gjenvinning innebærer å bruke ressurser fra avfall og restprodukter på nytt. Materialgjenvinning innebærer alle typer gjenvinning, med unntak av energiutnyttelse og forbrenning. Energiutnyttelse kan likevel aksepteres som gjenvinning i avfallsdirektivet når

energieffektiviteten er større enn 0,65 (Nordby and Wærner, 2017). Materialgjenvinning er altså en prosess der avfall bearbeides med den hensikt å benytte produkt, material eller andre stoffer til enten det opprinnelige formålet eller til andre formål.

Fullstendig gjenvinning for et materiale over flere sykluser vil være regulert av fysikkens lover. En uendelig gjenvinning er umulig fordi de fleste materialer vil miste masse, kvalitetene eller egenskaper over tid. Med bakgrunn i dette kan man med sikkerhet si at et materiale på et tidspunkt i dets sirkulasjon i økonomien vil føre til nedsirkulering. Nedsirkulering innebærer en gjenvinningsprosess der materiale gjenvinnes til et formål med lavere kvalitet eller lavere verdi enn det opprinnelige formålet. Eksempler på nedsirkulering kan for eksempel være bruk av knust betong som fyllmasser, og konstruksjonstre som blir til sponplater. Ved nedsirkulering vil ressurser ansees som tapt i prosessen, og vil til slutt kasseres på deponi fordi materiale ikke lenger er gjenvinnbart eller fordi de ønskede egenskapene er fjernet i nedsirkuleringsprosessen (Milios, 2018).

På byggeplass under byggefasen er det ofte sortering av avfall som er interesseaspektet når det kommer til bærekraftig drift og sirkulær tankegang. Imidlertid kan ikke denne sorteringen garantere for den generelle ressurseffektiviteten. Det er viktig å skille mellom sorteringgrad og gjenvinningsgrad. Selv om en høy sorteringsgrad må være på plass for å ha en høy gjenvinningsgrad, er det ikke nødvendigvis et ekvivalent forhold. Bærekraftig gjenvinning burde ivareta kvaliteten på en slik måte at materialet kan føres tilbake i økonomien og erstatte uttak av nye primære råstoffer. Det er derfor viktig å skille mellom lav-kvalitets gjenvinning og høy-kvalitets gjenvinning. Der nedsirkulering reduserer kvaliteten på ressursen er i noen tilfeller oppsirkulering mulig. Da vil et materiale eller ressurser gjenvinnes på en slik måte at man oppnår en høyere kvalitet, eventuelt høyere verdi. Lav-kvalitets gjenvinning anses ikke som et godt nok tiltak i henhold til de sirkulærøkonomiske prinsippene.

### **2.6.3 Energigjenvinning**

Dersom avfall har oppstått men ikke er egnet for materialgjenvinning eller ombruk er forbrenning det neste steget i avfallspyramiden. Energigjenvinning er definert som forbrenning av avfall med utnyttelse av energien. Forbrenning av avfall er ikke i seg selv det samme som energigjenvinning, da varmen fra forbrenningen må nyttiggjøres i form av fjernvarmeproduksjon eller kraftproduksjon for at det skal kalles energigjenvinning. Tall fra SSB viser at 80% av forbrent avfall benyttes til energigjenvinning, mens ved 20% av forbrenningen blir ikke energien utnyttet. En nasjonal gjennomsnittlig energiutnyttelsesgrad ligger i følge Stor Norske Leksikon på 78%. Tallene for energigjenvinning gjelder ikke kun avfall fra byggebransjen.

Energigjenvinningen er et bedre steg en deponi, men energigjenvinning vil ikke fungere

som et sirkulært steg i en sirkulær økonomi. Ved energigjenvinning vil ressursens iboende verdi bli fjernet, og materialet kan ikke lenger benyttes til andre formål. Det er i tillegg strenge krav knyttet til utsortering av helse og miljøskadelige stoffer før forbrenning, lagring og forsvarlig håndtering av restproduktene og tilstrekkelig rensing av røykgassen for å hindre utslipp av tungmetaller og skadelige organske forbindelser. En tilsynsrapport fra Miljødirektoratet (Dahlstrøm, 2019) avdekket et høyt antall brudd på de tre hovedtemaene som var undersøkt; internkontroll, avfall og kontroll av utslipp. Brudd knyttet til internkontroll og styring var aktuelt for 93% av avfallsforbrenningsanleggene, hos 73% ble det oppdaget brudd på regelverket vedrørende mottakskontrollen, prosessstyringen og forbrenningsbetingelsene eller håndtering og lagring av ordinært/farlig avfall. Hos 67% av virksomhetene var det brudd knyttet til utslipp til luft og vann.

### 2.6.4 Deponi

Deponi er siste utvei når det kommer til avfallshåndtering. Deponi innebærer lagring av avfall som ikke kan gjenvinnes eller som ikke er planlagt godt nok for tiltak lenger opp i avfallspyramiden. Denne typen avfallsbehandling er den som historisk sett er mest utbredt. Avfallsdeponi er et aspekt som er godt integrert i den lineærøkonomiske modellen. Det eksisterer mål som omhandler om å begrense avfall som havner på deponi, men det er i dag flere avfallstyper det ikke finnes andre muligheter for enn deponi.

Nedbrytingen av avfall i deponier var tidligere ansvarlig for ca 2,5% av utslippet av klimagasser i Norge. En annen fare ved deponi er frigjøring av miljøskadelige stoffer til naturen, samt gir en økt fare for smitte, skadedyr og forsøpling og forurensning av naturen. I 2009 ble flere materialtyper forbudt å deponere og deponering av avfall reguleres av avfallsforskriften. Det er fremdeles store avfallsmengder som blir sendt til deponi da det er et billig alternativ.

### 2.6.5 Avfallsreduksjon

Dersom man ser på avfallspyramiden vil en avfallsreduksjon være den mest gunstige med tanke på kostnader, miljøpåvirkning osv. En avfallsfri byggeplass vil være det mest ideelle i en sirkulær økonomi. Dette betyr ingen produksjon av avfall på byggeplass og heller ingen avfallsproduksjon hos produsentene av byggematerialer. Hos leverandører og produsenter vil dette innebære at alt av emballasje elimineres, samt at alt avkapp eller avfallsprodukter føres tilbake igjen i produksjonen. Direkte materialgjenvinning hos produsenter vil være det mest gunstige under den antakelsen om at avfallet er mer homogent.

## 2.7 Bruk av digitale verktøy

For å øke ressurseffektiviteten og sikre en planlegging som følger sirkulære og bærekraftige prinsipper er det essensielt med en detaljert prosjektering og en god utnyttelse av den tilgjengelige teknologien. Utviklingen innefor teknologien har i det hele tatt muliggjort et skifte i måten økonomien fungerer på og har fremmet muligheter innen virtualisering, dematerialisering og økt transparens knyttet til produktbruk og materialstrømmer (Sukhdev et al., 2018). Ved å tilrettelegge for innsamling og analyse av data vedrørende materialer, mennesker og eksterne forhold har digital teknologi potensialet til å identifisere de største utfordringene knyttet til materialstrømmer, og samtidig bevisstgjøre bransjen for en mer effektiv beslutningstaking rundt hvordan disse utfordringene skal takles og foreslå systemorienterte løsninger.

Virtualiseringen har blitt mer synlig og bruken av bygningsinformasjonsmodellering har økt i de fleste prosjekter. Prosjekteringen skjer da i mer fleksible modeller som forenkler arbeidet ute på plassen. En utnyttelse av teknologien kan også bidra til merking, dokumentering og sporing av materialer under byggeprosessen, både som hjelpemiddel under driftsfasen og som hjelp i demonteringsfasen. Det kan også gi informasjon som tilstanden og tilgjengeligheten til produkter, komponenter eller materialer i bygningen, og dermed bidra til å utvide bruken av ressursene, øke utnyttelsesgraden, sirkulere eller gjenvinne materialet videre i livsløpet og bidra til å regenerere naturlig kapital.

Dematerialisering innebærer en betydelig reduksjon i den materialmengden som er nødvendig for at de økonomiske funksjonene i samfunnet skal være oppfylt. Ved merkingen, dokumentasjonen og gunstig teknologibruk er det mulig å redusere de nødvendige materialmengden, samt lettere planlegge for en mer ressurseffektiv byggeplass, og fremtidig ombruk av byggematerialene. Teknologien er et essensielt hjelpemiddel for en overgang til sirkulær økonomi.





## Metode

Det finnes flere ulike måter å nærme seg en problemstilling og metoder som leder til svar på denne. Metodekapittelet belyser det som er hva som gjennomført i undersøkelsene og forklarer hvorfor de er benyttet. En plan som beskriver hvordan relevante data skal fremskaffes, og forklaring på hvordan dette vil bidra til å besvare problemstillingen. Det er viktig å vise at denne planen er gjennomførbar, og det er positivt hvis den også er etterprøvbart (Engebø, 2019).

### 3.1 Valg av metode og forskningsstrategi

Metoden som er valgt for denne masteroppgaven er hovedsakelig en kvalitativ metode. Den kvalitative metoden tar utgangspunkt i å analysere valgt tematikk gjennom en teoretisk tilnærming med grunnlag i litteraturstudier, samt benytte mer subjektive kilder som seminarer og andre dokumenter som belyser temaet. Metoden omfatter en systematisk innsamling av relevant litteratur i form av søk i tilgjengelig litteratur og analyse av dette materialet. En alternativ tilnærming ville vært en kvantitativ metode der empiri spiller en større rolle i form av innsamling av data i stor skala. Det er disse to metodene som er de grunnleggende tilnærmingene når det kommer til forskning. Etterprøvbart er et sentralt aspekt da alle vitenskapelige artikler burde fagfelleverdes og burde kunne undersøkes av andre og få samme resultat. Dette siste aspektet kan være lettere ved å velge en kvantitativ metode fremfor den kvalitative. Det er likevel ikke all vitenskap som kvantifiseres, og dersom man skal gå i dybden på et tema kan den kvalitative metoden derfor være mer gunstig enn den kvantitative. Ved å benytte en kvalitativ tilnærming åpnes det for å få et helhetlig og grundig bilde av et aktuelt tema, men det vil også ofte være vanskeligere å

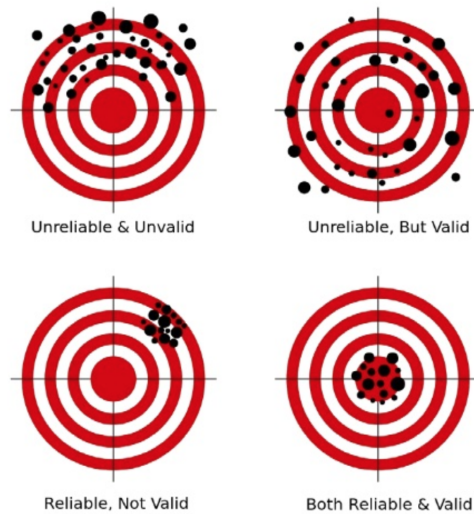
fastslå validiteten. Muligheten for etterprøving kan være lavere ved en kvalitativ metode enn ved andre metoder fordi mye av forskningen baserer seg på tolkninger av blant annet litteratur og andre dokumenter. Ved bruk av en kvalitativ metode åpner det opp for at problemstillingen kan endres og presiseres underveis. Dette kan representere både styrker og svakheter i en masteroppgave.

Forskningsstrategien i denne masteren baseres på et rammeverk som er tatt frem av Arksey and O'Malley i *Scoping studies: advancing the methodology* og hovedpunktene i rammeverket er listet opp i punktene under;

1. Identifisere problemstilling
2. Søk etter relevante studier/litteratur
3. Velg ut studier/litteratur
4. Kartlegg data
5. Sammenlign og kombiner, summer og rapporter resultatene
6. Konsulter med interessenter for å bekrefte eller avkrefte resultater.

Når problemstillingen i denne oppgaven hovedsakelig blir å undersøke hva begrepet sirkulær økonomi er og hvilke konsekvenser og muligheter en overgang til sirkulær økonomi kan ha for byggebransjen. Derfor blir hovedmetoden et grundig litteraturstudie. Det er også viktig å sette rammer og begrensninger til metodene for å kunne besvare problemstillingen på en god måte samtidig som validitet og reliabilitet blir ivaretatt. Validitet og reliabilitet brukes ofte til å evaluere litteraturen og kvaliteten til forskning. Store norske leksikon definerer validitet, eller gyldighet som *i hvilken grad man ut fra resultatene av et forsøk eller en studie kan trekke gyldige slutninger om det man har satt seg som formål å undersøke*. Det handler altså både om i hvilken grad studiet måler det den skal måle, samt hvor godt resultatene kan generaliseres for bruk i den virkelige verden. For at en hypotese eller et forskningsspørsmål skal være gyldig er reliabilitet en viktig faktor. Reliabilitet omhandler hvor stabil og konsistent målinger er. Reliabilitet i et kvalitativt studie er utfordrende da resultatene i stor grad basert på samling og tolkning av litteratur.

Sammenhengen mellom validitet og reliabilitet kan ses i figur 3.1 der målskiven representerer slik situasjonen er i virkeligheten mens prikkene beskriver funnene. Den mest gunstige situasjonen er der litteraturen både er reliabel og valid. Der funnene samsvarer med hverandre, men ikke med virkeligheten vil studien være valid, men ikke reliabel. Derfor er det også viktig å undersøke hvorvidt materialet er partisk eller gir uttrykk for forutinntatte meninger.



**Figur 3.1:** Representasjon av validitet og reliabilitet (Pontoppidans, 2013)

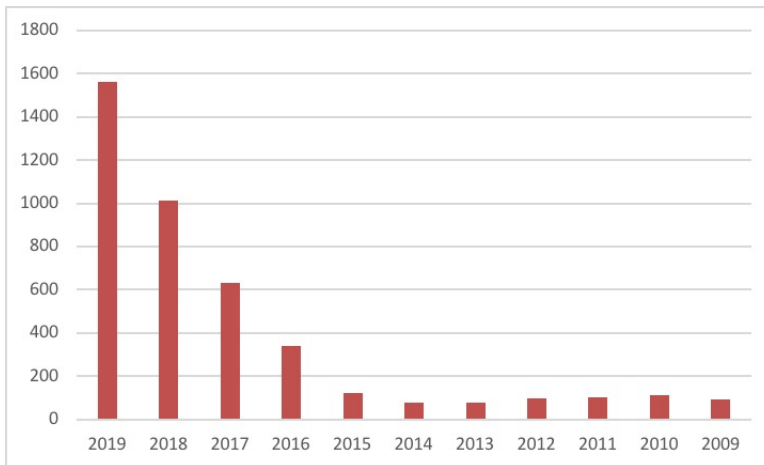
## 3.2 Litteraturstudie

Et litteraturstudie er et omfattende studium og tolkning av litteratur som har tilknytning til et bestemt emne (Aveyard, 2019). Ved å benytte seg av et tradisjonelt eller narrativt litteraturstudie er målet å få en bred forståelse og en helhetlig oversikt over en valgt tematikk. I forbindelse med oppgavestivningen er et tradisjonelt litteraturstudium gjennomført, der relevant litteratur ble identifisert for å etablere et overordnet blikk over temaet sirkulær økonomi, og for å undersøke hvilke aspekter det eventuelt mangler informasjon om. Søket etter relevant litteratur ble utført i *Google Scholar*, *Oria*, *Web of Science* og *Scopus*. «Circular economy» er blitt brukt som nøkkelord i tittelen på artiklene. Søk gjennomført i forbindelse med prosjektoppgave høsten 2019 ble brukt som grunnlag, men nytt søk ble gjennomført for masteroppgave hovedsakelig mellom januar 2020 og mars 2020. Det har vært en dynamisk prosess for å ikke gå glipp av ny litteratur. Sirkulær økonomi er et tema med stort omfang og mye ny litteratur, og søket resulterte i en bred samling av både faglige artikler og ikke-akademisk litteratur som for eksempel rapporter fra frivillige organisasjoner og politiske miljøer og liknende.

### 3.2.1 Søkestrategi

Sirkulær økonomi er et tema som i de senere årene har blitt et svært populært tema. Fra 2009 til 2019 har det for eksempel vært en signifikant økning i publikasjoner hos *Web of Science* som kan sees av figur 3.2. *Google trends*, figur 3.3, som viser også at interessen

for sirkulær økonomi har økt i de senere årene. Dette er en relativ trend til det punktet der interessen var størst.



**Figur 3.2:** Antall publikasjoner. Data fra Web of Science



**Figur 3.3:** Relativ interesse over tid, søkeemne “circular economy”. Hentet fra Google trends

**Tabell 3.1:** Nøkkelord og relevante fraser

"Circular Economy"AND ...		
Construction sector	Economy model	Socioeconomic
Built environment	Environment	Resource bank
Sustainability	Construction and demolition waste	Waste reduction
Closed loop	Barriers	Process
Cradle to cradle	Drivers	Industrial ecology
Resource scarcity	Waste prevention	Waste minimization
Profitability	Greenhouse gas emissions	Green economy
Recycling	Reuse	Material flow

Sirkulær økonomi utgjør også et bredt søkefelt der det finnes mye tilgjengelig litteratur. Nøkkelord og fraser som kunne være relevante ble identifisert tidlig, og er gjengitt i tabell 3.1. Et utvalg av disse ble også brukt videre i søkeprosessen i ulike databaser. Disse ordene ble brukt i ulike kombinasjoner, der "Circular economy" ble benyttet i tittelen mens resten av søkeordene var tillatt i alle felt. Søket ble begrenset til å omfatte artikler fra de siste 5 årene og treffene kan ses i vedlegg A. Ved søking etter litteratur vedrørende sirkulær økonomi var ikke begreper som "sustainability" eller "bærekraft" begrensende, da de fleste artikler som omhandler sirkulær økonomi vil inneholde dette. "Construction sector" og "built environment" ble brukt om hverandre for å ikke miste viktig litteratur da begge begrepene er mye brukt.

Søket ble det gjennomført en umiddelbar filtrering. Første vurdering ble tatt fortløpende på om tittelen virket relevant. Basert på denne vurderingen ble så nøkkelordene gjennomgått. Dersom nøkkelordene var relevante ble disse kildene plassert inn i et søkedokumentasjons skjema. På bakgrunn av evaluering ved hjelp av TONE-prinsippet i tabell 3.2 ble så de første artiklene valgt. Ved å vurdere litteratur etter TONE-prinsippet øker man også validiteten i materialet. Fagfellevurderte artikler ble foretrukket som en ekstra forsikring på kvaliteten på innholdet.

Videre ble innholdet i artiklene studert nøyere. En oversikt over valgt litteratur ble laget bestående av kategoriene Forfatter og år, tittel, hensikt/problemstilling, metode og resultater. Dette viste seg å være en god metode for å kunne finne og vurdere kunnskapshull i litteraturen. I det løpende arbeidet med oppgaven har det vært nødvendig å undersøke flere kilder etterhvert som nye spørsmål oppsto. Ved å benytte "snowball"-teknikken med å undersøke kilder og siteringer, førte til funn av flere relevante artikler.

Bruk av kildeprogram, i dette tilfelle, *Mendely* var både nyttig i form av kontroll av kildene, samtidig som programmet sender ut forslag til ny aktuell litteratur vedrørende temaet. Dette har vært til stor hjelp for å kunne holde seg oppdatert, og da i særlig grad å følge opp ny informasjon hentet ut fra ulike tidsskrifter. Søkedokumentasjons-dokumentet og

**Tabell 3.2:** Kriteriene i TONE-prinsippet. Summert fra NDLAs hjemmesider

Troverdighet	Hvem har skrevet publikasjonen Er forfatterens kontaktinformasjon tilgjengelig Hva er forfatters utdannelse og instutisjonstilknytning Er informasjonen presentert uten formelle eller stilistiske feil Er det andre kilder som støtter informasjonens troverdighet
Objektivitet	Hvordan er dataene presentert- Samsvarer funnet med annen tidligere forskning- Er hensikten å informere eller overtale Er alle sider av saken belyst Kommer alternative synspunkter frem
Nøyaktighet	Er informasjonen ny og oppdatert Forskningsmetodikk I hvilken grad er informasjonen omfattende/detaljert/eksakt Kan informasjonen bekreftes i andre kilder Inneholder informasjonen fakta eller meningsytringer Er argumentasjonen saklig og konsis
Egnethet	I hvilken grad passer publikasjonen problemstillingen Kaster publikasjonen et nytt lys over problemstillingen Hvem er publikasjonen skrevet for

oversikter over resultater oppdateres etterhvert som nye kilder oppsto. Det er likevel ikke alle kilder som inkluderes i disse oversiktene som for eksempel definisjoner og informasjonssider som er relatert til publiseringskanaler tilrettelagt av foreksempel FN. Dette er vurdert som mindre vesentlig siden dette er faktabasert informasjon som ikke omhandler nye resultater.

Fordelene ved å benytte seg av litteraturstudier som metode er at det gir et teoretisk overblikk basert på mye og ny kunnskap som kan oppsummeres med en logisk struktur. Ulempen er derimot at det må benyttes eksisterende litteratur som allerede har en bestemt vinkling som ikke nødvendigvis alltid vil passe helt til den valgte problemstillingen. En systematisk søketeknikk representerer en gjennomiktig prosess der fremgangsmåten er dokumenter, og funnene kan derfor etterprøves.

Det er mye forskning på sirkulær økonomi og mye av materialet er skrevet i nyere tid. Under litteratursøket ble det i mange av treffene avdekket at begrepet i seg selv defineres på ulik måte og at det synes å være en manglende helhetlig forståelse av begrepet. En annen observasjon var at det finnes lite litteratur som omhandlet områdene lagring og redistribusjon av byggematerialer. Samtidig er det også en mangel på et helhetlig bilde som samler produksjonsindustrien, bygg- og anleggsbransjen og avfallsbransjen, og effekten av avfallshåndteringsmetodene som brukes i dag.

### 3.3 Webinar og konferanse

Ettersom sirkulær økonomi i byggebransjen begynner å få trekraft har det gjennom semesteret vært gjennomført flere seminar, webinar og konferanser. Byggavfallskonferansen 2020 ble gjennomført med hovedtema avfallsforebygging og materialgjenvinning. Direktoratet for byggkvalitet holdt et webinar med tittel *Er ombruk en omvei til sirkulær økonomi?*. I juni holdt Madsrud proptech hub et webinar med diskusjon mellom ulike aktører vedrørende teknologi, ombruk, og relasjonen mellom disse. Tekna hadde også høsten 2019 et webinar med tema sirkulær økonomi i byggebransjen. Alle disse har vært brukt som bakgrunn for situasjonsbeskrivelsen av bransjen, samt forstå hva de ulike aktørene fokuserer på, hva som gjøres og hva som er etterspurt av aktørene som arbeider i byggebransjen og avfallsbransjen. Dette var også en god plattform for å komme i kontakt med personer som kunne svare på bransjespesifikke spørsmål som oppstod under skrivingen av denne oppgaven

### 3.4 Dokumentstudie

På bakgrunn av kunnskapshullet avdekket i litteratursøket knyttet til blant annet innsamling, sortering, lagring og ombruk av brukte ressurser fra byggenæringen, er et dokumentstudie gunstig å gjennomføre. Dette innebærer innsamling, behandling og tolkning av sekundærdata (Jacobsen, 2015). Metoden er ofte basert på tekst som i utgangspunktet er skrevet for et annet formål en forskning. En ulempe med dokumentstudier er at man har liten kontroll over innholdet i dokumentkilder og leser blir fortolker av kildeinnholdet (Jacobsen, 2015). Rapporter utarbeidet som veiledere for bygg og anleggsbransjen var særdeles nyttig i forhold til å forstå kravene som settes og hvor fokuset i bransjen ligger, eller der det er ønskelig at fokuset ligger. Dette inkluderer miljørapporter både fra entreprenører og aktører i avfallsbransjen. Handlingsplaner som inneholder hvor forbedringspotensiale ligger, hvilke mål som er nådd og de målene som ikke er nådd har vært til stor hjelp i besvarelsen av oppgaven.

Ulempen med bruk av slike dokumenter er at de ofte er produsert av aktørene selv, spesielt miljørapportene, noe som kan føre til et subjektivt utgangspunkt.





## Resultater og diskusjon

TEK17 § 9-1 spesifiserer at bygningsmassen skal oppføres opp og driftes på en bærekraftig måte som ikke har negativ påvirkning på det ytre miljøet. Lenge har fokuset i bygg- og anleggsbransjen ligget på å oppføre energieffektive bygg. Skal verden overleveres til nye generasjoner med de samme mulighetene og ressursene som jorda har i dag må det tenkes mer helhetlig og sirkulært. Dette er spesielt viktig for en bygg- og anleggsnæring som med rette er karakterisert som en miljøverstering.

### 4.1 Sirkulær byggeprosess

Som tidligere nevnt består den tradisjonelle byggeprosessen av behovsavklaring, konseptutvikling, detaljprosjektering utførelse og overlevering. Dersom byggeprosessen generelt sett skal bli med sirkulær er det nødvendig at det blir adressert så tidlig i prosessen som mulig. Dersom man går tilbake til figur 2.5 som viser de ulike sirkulære forretningsmodellene er “produkt som tjeneste” antatt gunstig i hele prosessen fra design til avhending. Denne forretningsmodellen vil være utfordrende da bygg ofte har levetid på mange ti-år. Derimot er sirkulære forsyningskjeder et viktig aspekt. Det er essensielt å inkludere bærekraft- og miljøaspektene på alle komponenter fra utvinning fra råmaterialer helt til bygget er avhendet. Så dersom produsentene har sirkulære forsyningskjeder vil potensielt avfall reduseres og og ressursforbruk hos produsentene til byggekomponentene reduseres, noe som igjen vil ha positiv innvirkning på det økologiske fotavtrykket til bygningen.

En ytterligere positiv effekt vil man kunne få av å flytter hoveddelen av produksjonen til leverandørens eget produksjonsmiljø som vil ha et langt bedre utgangspunkt til å designe sine produksjonsprosesser med utgangspunkt i sirkulære kjeder enn det som er mulig på

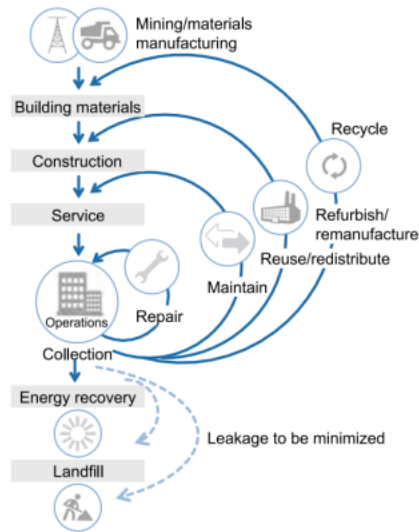
byggeplass. Dette vil kreve god planlegging tidlig i byggeprosessen, da alle komponenter må være spesifisert og dimensjonert riktig i prosjekteringen. Dagens byggeprosjekter tar ofte utgangspunkt i å bestille antatte mengde som trengs, for deretter å kutte disse på plassen. Avkutt og bygningsavfallet blir deretter gjerne transportert til materialgjenvinning, energigjenvinning eller deponi. Da er materialene fraktet dobbelt opp over store avstander. Dersom prosjektet hadde kunnet oppgi alle nødvendige komponenter med riktige dimensjoner og mengder ville byggeplassen bli endret fra å være en lokal produksjonsbedrift til å bli en logistisk gunstig og effektiv monteringslinje.

Ytterligere gevinster kan oppnås ved å benytte materialer som tilrettelegger for ombruk, enten det fokuseres på å bruke materialer eller komponenter som tidligere har vært benyttet eller prosjektere slik at materialene kan brukes på nytt etter endr bruk. Et utbredt bruk av delingsplattformer vil være svært gunstig for ressurseffektiviteten, men det er viktig å passe på at lover og krav blir etterfulgt. Dette er den største utfordringen knyttet til ombruk av byggematerialer. Spesielt siden bygninger har såpass lang levetid er det utfordrende å finne dokumentasjon på kvalitet, egnethet, beregning av livssyklusanalyser og liknende på materialer som har vært brukt i andre bygg. Nye bygg som bygges i dag vil ha store mulighet til å endre denne tradisjonen. Med økt bruk av teknologi vil sporing av byggets enkelte bestanddeler og dokumentasjonsprosessen av dette forenkles i betydelig grad slik at det blir lettere å ivareta at materialene kan ombrukes på et senere tidspunkt på en forsvarlig måte. Ved å tenke og vektlegge ombruk tidlig i prosessen kan man dermed sørge for at store mengder materialer som brukes i dag, ikke forsvinner ut av materialsyklusen.

På byggeplassen er det veldig ofte at gjenvinning anses som det viktigste steget for å realisere en mer bærekraftig prosess gjennom en høy sorteringsgrad. Selv om materielle sorteres kan det stilles spørsmål ved hvor gunstig eller nyttig gjenvinning egentlig er. Flere artikler understreker at dersom den sirkulære tankegangen først starter på byggeplassen er det i realiteten alt for sent for å kunne gi ønsket effekt. Verden er i dag ca 9% sirkulær, og dette er et mye lavere tall enn det burde være for å kunne si at samfunnet har en bærekraftig utvikling.

Det er ulike utfordringer knyttet til nybygging, riving og rehabilitering når målet er å få en sirkulær prosess. For nybygging burde det ligge et fokus på planlegging for materialer som kan ombrukes, samt redusere avfallet som oppstår. For riving og rehabilitering handler det om å ivareta ressursene som er bygd inn i bygningen. Grunnet billige nye materialer og høye brukerkrav, vil ofte en enkel løsning være å rive et bygg for så å bygge opp igjen. Ved å tenke mer bevisst i forhold til god ressursutnyttelse vil da kanskje rehabilitering av bygg være en mer bærekraftig aktivitet. Dette kan også ses i figur 4.1, der de innerste sirklene er de som foretrekkes da de krever mindre energi å gjennomføre og produserer minst avfall. Når ressuttsirkulasjonen blir mindre jo mer øker lønnsomheten og ressurseffektiviteten.

Interessen for mer bærekraftige bygg har en økende trend. Eiendomsinvestorer ser at et økt



**Figur 4.1:** Prinsipper for prioritering vedrørende håndtering av de tekniske ressursene (EMF, 2015a)

fokus på miljø ofte vil ha en positiv innvirkning på lønnsomheten, med lavere lånerente og ofte høyere leiepriser samtidig som prisveksten ofte er gunstige. Det er også et poeng at utenlandske investorer ofte favoriserer miljøsertifiserte bygg, da disse oppleves å ha en større grad av kvalitetssikring. Selv om interessen er tilstede, ser man ofte at betalingsviljen synker når kontraktene skal forhandles. Ofte fokuserer kontraktene på kortsiktige leieforhold, spesielt for kontorbygg, da blir det mer utfordrende å argumentere for mer bærekraftige materialer, som ofte er mer robuste, fleksible, men også dyrere. Derfor er det viktig at markedet og finansnæringen opptrer som en støttespiller og pådriver for en bærekraftig utvikling.

## 4.2 Bygningsmassen

Det finnes i dag over 4,2 millioner byggverk i Norge, og teoretisk representerer dette masser og materialer som kan nyttiggjøres som gjenbrukbare ressurser i nye prosjekter. For å kunne utnytte disse ressursene må man få en langt bedre oversikt over hva som eksisterer og hva som kommer til å bli tilgjengelig av bygningskomponenter og materialer de neste årene. Det må også etableres et felles metodeverk som kan bidra til at samfunnet kan utnytte verdiene som bygningsmassen og dets bestanddeler representerer på best mulig måte.

Tradisjonelt sett er de fleste bygg i Norge basert på bruk av trevirke eller tegl i den bærende konstruksjonen, selv om også betong og stål har blitt mer vanlig i de senere årene. Lovver-

ket har også endret seg i stor grad ettersom det har blitt mulig å identifisere miljøgifter og helsefarlige stoffer langt mere presist enn man kunne tidligere. Et bygningsmateriale vil gå igjennom flere faser i løpet av livssyklusen, som vist i figur 4.2. Disse fasene er i henhold til NS-EN 15978:2011 Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøpåvirkning. De overordnede fasene, som er produktfasen, konstruksjonsfasen eller byggefasen, driftsfasen og slutt eller rivningsfasen.

Product Stage			Construction Process Stage		Use Stage							End-of-Life Stage			Benefits and loads beyond the system boundary			
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport to building site	Installation into building	Use/application	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction/demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse	Recovery	Recycling
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D

Figur 4.2: Livssyklusstadier i henhold til NS-EN 15978:2011 (Castro and Pasanen, 2019)

Omtrent 20 000 bygninger rives hvert år i Norge (Kilvær et al., 2019) og som tidligere vist i tabell 2.2 og figur 2.9 er levetiden for ulike bygningsdeler varierende. De ulike bygningsdelene må dermed skiftes ut eller rehabiliteres ved ulike intervaller. Fra vedlegg C er det dokumentert at den eksisterende boligbygningmassen strekker seg fra fra sent på 1800-tallet til de siste tiåret. I de eldre byggene er det rimelig å anta at de innerste sirkelene i figur 2.9, som inventar, planløsning og de tekniske installasjonene er byttet ut og oppgradert. Den utvendige kledningen kan også antas å være oppgradert fra en til flere ganger. Det man da står igjen med fra de eldste bygningene er de strukturelle komponentene.

Det er flere faktorer som spiller inn på hvilke materialer som kommer til å bli tilgjengelige de neste årene. Men en trend i dagens samfunn er at de eldste bygningene gjerne ivaretas og rehabiliteres av kulturelle grunner, spesielt i de større byene i Norge. Nyere bygninger derimot endres oftere, og det rives i dag bygg som fremdeles oppfattes å være relativt nye. Et eksempel fra en overskrift i bygg.no er *Rehabiliterer 12 år gammelt Barcode-bygg i bærekraftens navn*. Kortere leiekontrakter i næringsbygg fører til at det skjer hyppigere ombygginger. Så dermed vil antakelsen om at materialer i nyere bygg først vil være tilgjengelig om 50-100 år, fra figur 2.9 ikke være i overensstemmelse med de trendene som i dag ses i de store byene i Norge.

Dersom bygningers levetid endres fra 50-100 år til 10-20 år kommer dette til å føre til at det genereres avfall i et langt raskere tempo og større omfang enn tidligere. På lik linje vil kortere leiekontrakter og en økning i behov eller ønsker om innvendig renovering øke avfallsmengden. Strengere krav fra myndighetene angående helsekrav, spesielt i forbindelse

med nærings- og kontorbygg kan føre til at det gjennomføres utskiftninger lenge før de tekniske og økonomiske levetidene for bygningskomponentene er oppnådd. Dersom samfunnet opplever en økning i materialstrømmen kan det bli en større utfordring å behandle alt avfall på en bærekraftig og sirkulær måte. Det kan derfor være en for defensiv strategi for samfunnet å basere seg på antakelsen om at dagens bygningskomponenter først blir avfall om 50-100 år.

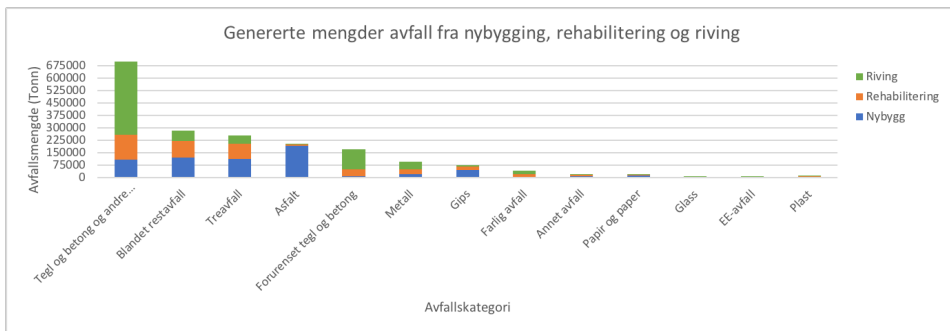
Dagens byggenæring står midt mellom gårdsdagens produkter som er dagens avfall og å utvikle nye løsninger som ivaretar de sirkulærøkonomiske prinsippene. Dette skaper betydelige utfordringer da det på den ene siden er en eksisterende, fungerende infrastruktur som støtter oppunder den lineære økonomien og for sirkulær økonomi er det en manglende grunnleggende infrastruktur som må utvikles og komme på plass. I mange år fremover vil det derfor være nødvendig å håndtere avfallet som er et produkt av den lineære økonomi samtidig som en ny infrastruktur som støtter oppunder sirkulær økonomi må etableres. Dette er både krevende å utvikle rent strukturelt, men også kostnadskrevende for samfunnet. Det er likevel for lite fokus på å etablere denne infrastrukturen, og de færreste av nye bygg som settes opp i dag har omfattende målsettinger knyttet til sluttfasen for bygningen.

Endringer som vil komme som en konsekvens av fremtidige lovendringer vil også være et aspekt som må vurderes. Å endre store infrastruktursystemer og logistikken rundt dagens avfallsbehandling vil kreve mye fra samfunnet. Dersom man legger opp nye strategier basert på dagens lovgivninger, er det ikke garantert at det er tilstrekkelig når bygningsmaterialene en gang blir tilgjengelige. DiBK er foreksempel en pådriver for strenge krav og mer dokumentasjon. Det er mye som har skjedd på teknologifronten og bærekraftsfronten de siste tiårene, og man kan bare anta det kommer til å komme nye og bedre løsninger i fremtiden som vil gjøre den nødvendige overgangen enklere.

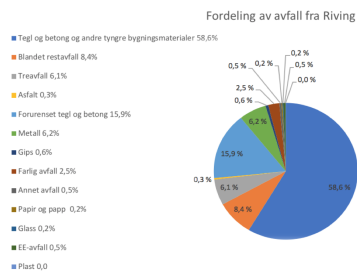
Fra avfallstatistikken basert på tall fra SSB i figur 4.3 er det synlig at det er store mengder materialer som ligger lagret i bygninger. Dessuten er avfallsmengdene avhengig av om det er et nybygg, renovasjon av bygg eller riving. I statistikken for byggeaktivitet er ikke avfall fra anleggsnæringen inkludert.

Ved å se på avfallet produsert fra riving og evnetulet rehabilitering i hhv figur 4.4 og figur 4.5 kan man anta at man får et bilde av hva slags type materialer som kan bli tilgjengelige fremover. De største gruppene av materialer er tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer, trevirke, blandet restavfall og metaller. Disse massene omfatter ikke avfall fra anleggsnæringen, og inkluderer heller ikke de komponentene som har kort levetid, som inventar.

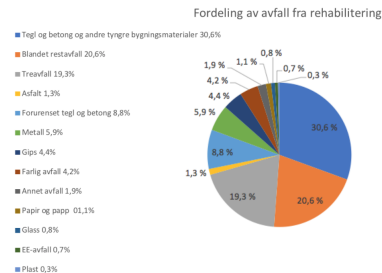
Det er store usikkerheter knyttet til avfallsstatistikken. Mye av statistikken er fra aktørenes egen avfallsplan og sluttrapport. Usikkerheten rundt målingene til Statistisk sentralbyrå knyttes som sakt til egenrapporteringen, men også til at statistikken kun gjelder de byg-



**Figur 4.3:** Genererte mengder og type avfall fra nybygg, rehabilitering og riving (SSB, 2017)



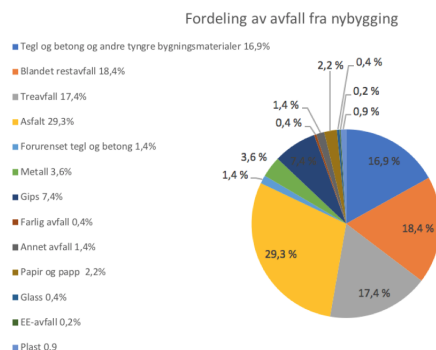
**Figur 4.4:** Fordeling av avfall fra riving. Tall bearbeidet fra SSBs statistikker



**Figur 4.5:** Fordeling av avfall fra rehabilitering. Tall bearbeidet fra SSBs statistikker

gingaktivitetene som er melde- og søknadspliktig. Usikkerheten har blitt vurdert i (Rønning et al., 2016) til å ligge mellom 10 og 20%. Dette er grunnet en kvalitet på avfall- og sluttrapport som er varierende, at det antallet bygg som rives er et for lavt anslag grunnet en manglende rapportering til matrikkelen (GAB). I tillegg kan det argumenteres for at de avfallsfaktorene som SSB benytter er for lave, spesielt for nybygg, men også for riving av mindre boliger (Rønning et al., 2016). Resultatet av dette vil føre til at det faktiske byggeavfallet er langt større enn det SSB sine statistikker tilsier. For nybygg kan også returordninger opprettes, slik at materialer, kanskje hovedsakelig emballasje, ikke medregnes i byggeprosjektets avfallsstatistikk. Dette er sannsynligvis snakk om store mengder.

Vedrørende avfall fra nybygg er det i større grad muligheter for å redusere avfallet som oppstår. Avfallsmengdene fra nybygg er enklere å måle og ofte er avfallsfraksjonene som oppstår mer homogene. De ulike fraksjonene kan ses i figur 4.6. Selv om det er store muligheter for en mer bærekraftig produksjon ved nybygging, er det lite som i praksis gjøres utover sorteringsgraden. Likevel ser man at dersom det setter krav, som kravene knyttet til sorteringsgraden, klarer de fleste byggeplasser å oppnå dette.



**Figur 4.6:** Fordeling av avfall fra nybygg. Tall bearbeidet fra SSBs statistikker

### 4.3 Fokusområder hos aktuelle aktører

Klimadebatten innenfor bygg- og anleggsbransjen handler i dag i stor grad om energi-effektivisering og fornybar energi, og i liten grad om materialene som forbrukes. Avfall Norge har presentert en erfaringsbasert/empirisk fremstilling over hvor fokuset på sirkulær økonomi ligger i dag, og også ment noe om hvor det burde ligge. Tabell 4.1 viser at det er i designfasen av et bygg at det i dag er minst fokus på sirkulær tenkning, men at det faktisk er her det ideelt sett burde vært størst fokus. I en lineære økonomi vil det i prosjektplanleggingen være størst fokus på omfang, tidsbruk og kostnader. Ved en overgang til en sirkulær økonomi vil skifte i tankesett ha en “negativ” innvirkning på alle disse tre (sett fra prosjekteiers perspektiv). Arbeidsomfanget vil da også øke da miljø/bærekraftsaspektet vil kreve en langt større plass i planleggingsfasen med betydelig større fokus på tilrettelegging av byggeprosjektet. Kostnadene vil antakeligvis også øke som følge av et langt høyere fokus på håndtering og bruk av bærekraftige materialer. Dersom det også skal planlegges for å en avfallsfri byggeprosess vil dette kreve en mer omfattende prosjektering som også vil ta lengre tid.

Det reelle fokuset i dag ligger på sorteringsløsninger og høy sorteringsgrad ute på byggeplass. Dette er et viktig aspekt, men vurdert ut fra en sirkulærøkonomisk tankegang vil dette alene ikke påvirke i særlig grad siden tiltaket kun skjer innenfor en begrenset del av den totale verdikjeden. Prosjekteringen vil være gjennomført og innkjøpene gjort, slik at mulighet for å påvirke i en mer bærekraftig retning utover kun sorteringen vil være begrenset. I innkjøpsfaser har det vært en noe mer positiv utvikling, men fokuset er fremdeles ikke helt der det burde være (Lind, 2019). Det er også for liten grad av etterkontroll når det kommer til avfallet som ble levert, om avfallsplanen har blitt fulgt og om avfallet ble håndtert slik det skulle. Med liten grad av etterkontroll er det også ofte få konsekvenser for byggherren ved å ikke følge avfallsplanen, noe som kan føre til en lavere vilje til

forbedring.

**Tabell 4.1:** Fokus i sirkulær økonomi i bygg- og anleggsbransjen (Lind, 2019)

	Ideelt	I dag
Prosjektering - Design av løsninger	60%	5%
Krav - Innkjøp	30%	15%
Sorteringsløsninger - På byggeplass	15%	79%
Etterkontroll	5%	1%

Denne empiriske tabellen understøttes av det som finnes på de største entreprenørenes hjemmesider, se tabell D.1 Vedlegg D. Fokus på høy sorteringgrad er gjennomgående fra entreprenørenes egen informasjon. Dette kan tyde på at sirkulærøkonomi er et tema som for de fleste nok er noe umodent.

## 4.4 Hvor i verdikjeden oppstår avfall

Som tidligere nevnt produseres det ca 1,9 millioner tonn med byggavfall fra nybygg, rivningsprosjekter og fra rehabilitering. I tillegg så vil det oppstå svinn hos produsentene som også genererer avfall. Dermed vil næringen totalt sett være ansvarlig for en langt høyere andel enn det som er gjengitt i statistikken som kan hentes ut fra SSB. Bygge og anleggsvirksomheten står for en stor andel av alt avfall som produseres i Norge, og fra 2016 til 2017 var det en økning på 5% i mengden generert avfall.

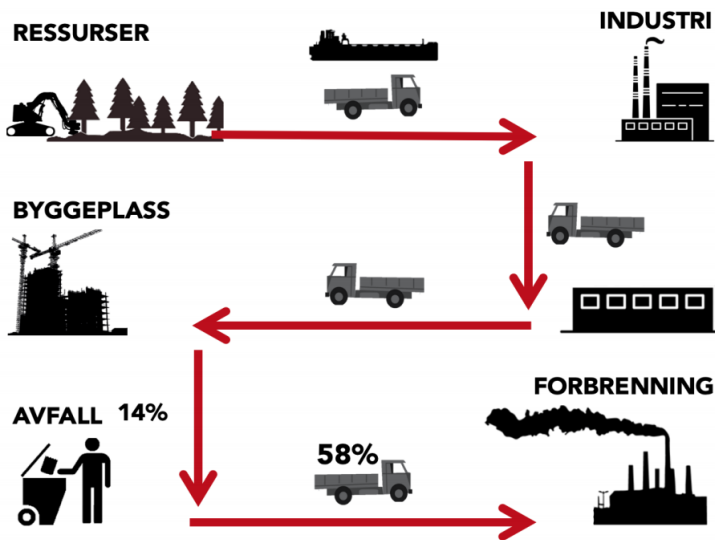
Avfall har i flere år vært et fokusområde innenfor bygge- og anleggsvirksomheten, og flere lover, med krav om at byggverket skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives, og avfall håndteres, på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljø (TEK17 §9-1) og at det skal velges produkter til byggverk som er egnet for ombruk og materialgjenvinning (TEK17 §9-5). Likevel kan man se fra SSB sine statistikker at mengden byggavfall ikke reduseres, men derimot øker. Det er naturlig nok fra riving de største avfallsmengdene oppstår, som vist i tabell 4.2. Her er det også størst utfordring knyttet til å redusere mengden som oppstår.



**Tabell 4.2:** Forventede avfallmengder ved byggeaktivitet (Nordby and Wærner, 2017)

	Små boliger	Store boligbygg	Næringsbygg
Nybygg	38,3 Kg/m <sup>2</sup>	64,3 Kg/m <sup>2</sup>	65,4 Kg/m <sup>2</sup>
Rehabilitering	132,1 Kg/m <sup>2</sup>	90,0 Kg/m <sup>2</sup>	132,6 Kg/m <sup>2</sup>
Riving	743 Kg/m <sup>2</sup>	622,9 Kg/m <sup>2</sup>	732 Kg/m <sup>2</sup>

Litteraturen indikerer at avfall fra byggenæringen genereres under alle faser i livssyklusen til prosjektet (Abarca-Guerrero and Leandro-Hernandez, 2017). Ved å se på reisen til materialene til bruk i nybygg i figur 4.7 er dette en prosess bestående av flere steg. Figuren refererer til den lineærøkonomiske prosessen der en ressurs blir utvunnet og blir prosessert i flere steg før det tas i bruk, og deretter deponeres. I alle disse stegene er det potensielt avfall som genereres. Materialene går fra utvinning videre til industrien eller produsentene der materialene ofte blir produsert tilpasset produksjonsprosessene. Desto flere steg et materiale går igjennom, desto mer avfall antas det at det genereres. Et viktig element er også hvor avfallet produseres. Dersom avfallet oppstår i de produksjonsprosessene der det er mulig å utnytte det på en mer fordelaktig måte, ved eksempelvis å rikulere avfallet tilbake til produksjonsprosessen. Dette vil være en bedre ressursutnyttelse enn i de stegene der avfallet potensielt kun går til deponi.



**Figur 4.7:** Ressursers reise fra uttak til avfallshåndtering. Hentet fra presentasjon på byggavfalls-konferansen 2020 (BA Digital)

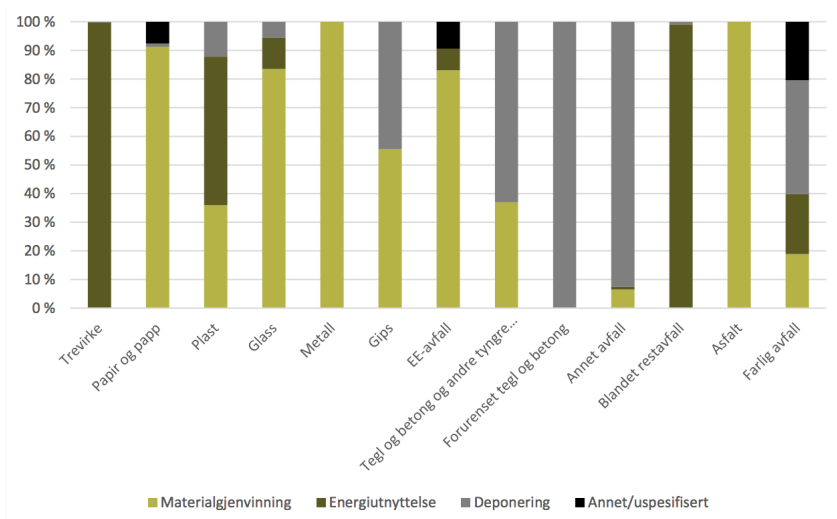
Som tidligere nevnt er det i mindre grad en mulighet for å påvirke ressursutnyttelsen på selve byggeplassen når materialene har ankommet, utenom å bygge riktig første gang,

samt sørge for god lagring og god logistikk. Tall fra BA digital som har pilotprosjekt om avfallsfrie bygg viser at 14% av materialene som fraktes inn på byggeplassen vil returnere som avfall. Av disse 14% som forlater byggeplassen ubrukt går 58% til forbrenning, igjen i følge BA digital. Disse tallene er urovekkende høye og ved 14% ubrukt materiale er dette mange tonn avfall som kunne og burde vært bedre utnyttet. Store mengder ubrukt materiale vil i tillegg kreve unødvendig mye transport. Når deler av produksjonen foregår på selve byggeplassen vil materialer som aldri er planlagt brukt transportert, gjerne over lengre avstander. Eksempler på dette kan være gipsplater og trevirke der det bestilles antatt mengde som trengs, deretter kuttes disse på plassen og avkuttet/avfallet blir deretter gjerne transportert til materialgjenvinning, energigjenvinning eller deponi. Da er materialene fraktet dobbelt opp. Dersom prosjektet hadde oppgitt alt det de trengte med dimensjoner, blir byggeplassen endret fra en produksjon til hovedsakelig montering. Grønn retur er et begrep som fordelaktig kunne benyttes på byggeplasser, da det reduserer kilometerene tomme biler kjører.

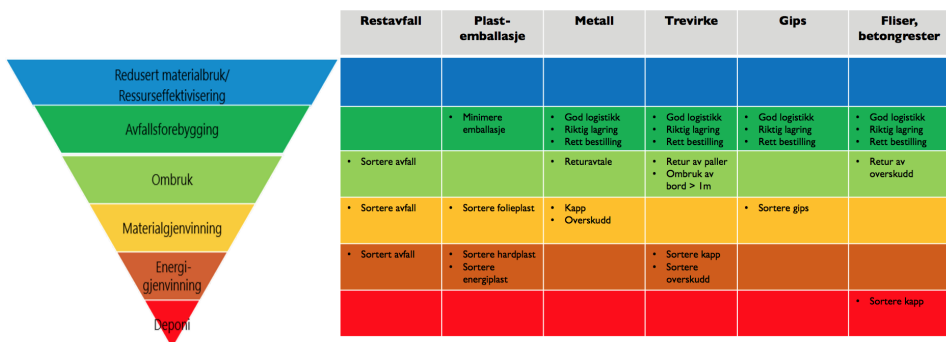
### 4.5 Avfallsbehandling

De vanligste avfallsbehandlingsmetodene kan ses mot bunnen av avfallspyramiden. Figur 4.8 viser til hvordan de ulike delene av avfall fra byggeplass behandles. I følge denne analysen er det hos avfallstype trevirke, gips og de tyngre bygningsmaterialene som tegl og betong utnyttelsen er minst gunstig. Dette er samtidig blant de største avfallstypene som er mest energiintensive å produsere. Hadde dette avfallet hatt en avfallsbehandling som ivaretok den innebygde energien på en bedre måte ville det også redusert etterspørselen etter nye energiintensive produkter.

Snittet for avfallgenerering ved nybygg ligger på 40-60 kg/m<sup>2</sup> (Nordby and Wærner, 2017). Det er blant mange entreprenører gjort forsøk på å få ned avfallsmengden. Men likevel har snittet for produsert avfall holdt seg stabilt, om ikke økt. Ulike tiltak fremstilt av JM (Nødtvedt, 2020) presentert i figur 4.9, viser at det er få til ingen tiltak knyttet til redusert materialbruk. JM presenterer videre årsaker til at avfallsmengden ikke har blitt mindre til tross for ulike forsøk. Dersom produksjonen flyttes ut fra byggeplassen og inn til produsentene som kanskje har større mulighet for direkte ombruk av materialene i prosessen så vil dette være sirkulærøkonomisk gunstig. Undersøkelsene JM gjennomførte konkluderte med at det som manglet for å kunne ha en vellykket avfallsforebygging var et grundig prosjekteringsgrunnlag som var optimalisert i forhold til det totale materialbehovet i prosjektet (Nødtvedt, 2020). Innefor dette ligger også behovet for å bestille tilpassede materialer. Prekutt på lengde er i bruk, men det reduserer ikke avfallsmengdene i stor nok grad. Videre er prekutt på bredde og for utsparinger svært lite benyttet. For at prosjekttilpassede materialer skal ha en miljø-gunstig effekt er det viktig at der avfallet oppstår gjennom kuttingen, må avfallet tas tilbake til produksjonsprosessen. Dersom kuttet fore-



Figur 4.8: Avfallsbehandling etter avfallsfraksjon (Ibenholt et al., 2020)



Figur 4.9: Bærekraftige tiltak for avfallsbehandling knyttet til ulike avfallsfraksjoner (Nødtvedt, 2020)

går hos, eksempelvis produsent eller leverandør, som sender kuttet til deponi vil fordelene forsvinne. En annen utfordring som presenteres er en manglende integrering av verdikjedene mellom prosjekt og produsentene av materialene. De fleste materialene produseres i de størrelsene og formene som er tilpasset produksjonen og ikke i forhold til hvordan de faktisk skal brukes.

### 4.5.1 Gjenvinning

42% av avfallet fra byggeaktivitet dag går til materialgjenvinning. Det antas at materialgjenvinning vil gi et positivt bidrag i forhold til det økologiske fotavtrykket, da det gir bedre energieffektivitet og medfører lavere utslipp ved å lage produkter av gjenvunnet materialer i forhold til å produsere nytt. Når det kommer til materialgjenvinning er det viktig å skille mellom lav-kvalitets gjenvinning og høy-kvalitets gjenvinning, der henholdsvis det kasserte materiale får lavere og høyere kvalitet eller egenskaper etter gjenvinningsprosessen (Milios, 2018). Antakelse om at materialgjenvinning er bærekraftig stemmer kun dersom ressursen verdi ivaretas, og forbruket av primære ressurser reduseres som følge av materialgjenvinning.

En måte å ta vare på dette i et sirkulært perspektiv er å lukke materialsøyfene, i en tidramme som relaterer til menneskets evne til å planlegge bruken og gjenvinning av materialene. Noen materialer vil ha et progressivt tap av materialeegenskaper som følge av spesifikke gjenvinningsprosesser. I tillegg til tap av kvalitet, kan gjenvinningsprosessen være assosiert med et tap av materialmasse, og det vil dermed kreves tilsetning av ytterligere promære råstoffer. Det må etableres grenser for hvor stort massetap som er akseptabelt og beregninger av massetap. Muligheten for å kunne oppnå en uendelig materialsøyfe er derfor avhengig av materialeegenskaper og gjenvinningsmetoder som beholder både kvaliteten og massen av materialet. Resirkulering som involverer produksjon av et annet materiale, som ikke kan omdannes tilbake til den opprinnelige formålet, omfatter et iboende tap av verdi og defineres som nedsirkulering. Nedsirkulering vil kun fungere som en midletidig forlenget av materialets liv i den lineære økonomien.

For at materialgjenvinning skal være en del av den sirkulær økonomien er det essensielt at de gjenvunnede materialene erstatter nyproduksjon. Et grunnleggende spørsmål som trenger svar blir dermed: *Hvor mye ressurser spares egentlig gjennom materialgjenvinning.* Her kan glass være et godt eksempel da glass er et materiale som i figur 4.8 har en høy grad av materialgjenvinning. Glasset kan enten benyttes til produksjon av nytt glass eller benyttes som råstoff til isolasjonsproduksjon. Gjenvinningen av glass sparer 20% av energibruken i forhold til produksjon av nytt glass (ALBA Group, 2016). Isolasjonsproduktene derimot vil kreve energi for å produseres, og i tillegg vil isolasjonen etter bruk bli sendt til deponi da det i dag ikke eksisterer noen reelle nedstrømsløsninger (gjelder mineralull). En slik prosess fra råstoff til glass til isolasjon til deponi vil ikke være sirkulær.

Det hindrer ikke nyproduksjon, men legger kun til et ekstra steg i den lineære økonomien. Det er dette som er en av de største utfordringene til materialgjenvinning. Når ressursens verdi og kvalitet ikke bevares i gjenvinningen vil det kun fungere som et ekstra steg før ressursen blir energigjenvunnet eller deponert. Dette er en kortsiktig løsning, som flytter problemet et steg lenger inn i fremtiden uten mye hold i de sirkulære prinsippene.

Dagens marked for materialgjenvinning er tilpasset dagens regelverk og priser. Dette innebærer at dersom praksis skal endres eller materialer gjenvinnes på en høy-kvalitets måte må regelverket og rammevilkårene forbedres. Det vil også kreve at ny industri oppstår for å kunne håndtere materialene. En utfordring er at de små innovative bedriftene som ønsker å opptre sirkulært, ofte ikke har mulighet til å få tak i de materialene de ønsker. For eksempel vil oppstattsbedrifter med fokus på treavfall ha store utfordringer fordi rammeavtalene i avfallsbransjen sender det rett til energigjenvinning, eller at lave deponipriser utkonkurrerer sekundære råvarer. Rammevilkårene må her endres og forbedres slik at innovative markedsaktører kan skape verdier på materialene som ikke utnytter sitt fulle potensiale i dagens system.

## 4.5.2 Ombruk

Ombruk av byggematerialer er et tema som er i vinden, men det er store utfordringer knyttet til ombruk i praksis. En av hovedårsakene til dette er at lovverket ikke i tilstrekkelig grad er tilrettelagt for å håndtere ombruk av bygningsmaterialer. Sepsielt er det lover og forskrifter som krever dokumentasjon av bygningsmaterialene som skaper utfordringer. Regelverket er satt opp for å sikre at materialene som benyttes har de riktige egenskapene og er tilstrekkelig sikre i forhold til konstruksjonssikkerhet, brannmotstand, inneklimate og også tilfredsstillende krav til god helse. I tillegg må byggevarerforordningen (DOK) overholdes i henhold til EUs rammeverk, dette inkluderer CE-merkingen som er kravet for omsetning av byggematerialer og skal sikre at sikkerhetsdirektiver er oppfylt. Denne merkingen setter derimot ikke kvalitetskrav til materialet. Det er den tekniske forskriften (TEK) som krever dokumentasjon på kvalitet og egenskaper.

Dersom materialer eller komponenter skal ombrukes må som sagt egenskapene og kvaliteten dokumenteres. Dersom det eksisterer dokumentasjon fra da byggevarerne først ble tatt i bruk kan denne dokumentasjonen brukes, men det er da nødvendig å dokumentere at egenskapene ikke har forandret seg. Dersom den opprinnelige dokumentasjonen mangler må det utarbeides ny produktinformasjon som beskriver egenskaper og kvalitet. Dette må gjøres i henhold til de standardene som er etablert i markedet (eventuelt ETA). Dette representerer en stor utfordring da flere standarder kun er utarbeidet for produksjon av nye materialer og dermed gjør det vanskelig å kunne definere kvaliteter knyttet til materialer som allerede har vært tatt i bruk.

For å kunne skape en plattform for omsetning av brukte byggematerialer må det, i tillegg til CE-merking, etableres dokumentasjon og ytelseserklæring som vil gi grundig informasjon om varen. DOK krever at ytelseserklæringen som inneholder blant annet produkttype og varedeklarasjon, identifisering av sertifiserings- eller prøvingsorgan og henvisning til den aktuelle produktstandard er dokumentert for å kunne omsette byggevaren (DiBK). Dette vil i særlig grad være utfordrende for bygningsmaterialer som har vært i bruk i et større antall år og også svært kostnadskrevende dersom alle punkter i ytelseserklæringen skal kunne redegjøres for. Dersom DOK og TEK revideres til å inkludere ombruk av materialer på en sikker måte vil det bli en stor utfordring med lagring av materialene. Det mangler et effektivt marked for omsetning av produktene.

Noen kriterier må være på plass for at materialene kan ombrukes, og disse må etableres tidlig i prosessen. Begrenset materialvalg er et aspekt som vil være gunstig da det gir en enklere demonteringsprosess og sorteringsprosess og potensiale for ombruk øker. Videre vil valg av materialer eller komponenter med lang varighet være et fordelaktig valg. Dette vil ofte være et dyrere alternativ, men har fordeler i form av større andel materialer som egner seg for ombruk samtidig som demonteringen og remonteringen forenkles. (Nordby, 2009). Begrenset antall materialer vil sammen med robuste materialer kunne bidra til komponenter der kompleksiteten er lav og generaliteten høy. Utbredt bruk av modulkomponenter og standardisering, uten at modelene blir sandwich-elementer som er utfordrende å demontere, vil være gunstig for å ombruke komponentene. Forbindelsene mellom materialer må kunne være reversible for å være aktuelle for ombruk. Reversible knutepunkt gjør demontering lettere, samt at sjansen for skade på materialene og omkringliggende materialer reduseres. I dag er det irreversible løsninger som er mest utbredt i form av våte forbindelser som for eksempel lim og betong, da vil materialene egne seg i liten grad for demontering og ombruk. En lagdeling i komponentene som bidrar til utskiftning som følger de optimaliserte levetidene for materialene. Som tidligere nevnt vil ulike sjikt i en bygning ha ulike levetid, og dersom disse arrangeres på en måte som ikke fører til erstatting før det er nødvendig kan mye avfallsgenerering unngås (Nordby, 2009).

Bygninger kan ses på som store materialbanker der potensiale for å utnytte materialene er store. For å kunne få til dette i praksis vil informasjon vedrørende hva slags materialer bygningen består av, hvor de er montert, og hvordan de er montert. Dersom denne informasjonen blir tilgjengelig i stor skala vil planleggingen av riving/demontering forenkles samtidig som det åpner for et marked for brukte materialer. Dermed må også teknologien følge med med utbredt bruk av bygningsinformasjonsmodeller med tegninger, materiallogger, miljøkrav og demonteringsinstruksjoner. Dersom ombruk skal bli et reelt alternativ er det derfor nødvendig at byggene som bygges nå har en langt mer grundig prosjektering hvor det legges opp til senere ombruk. Dette vil innebære ytterligere standardisering av komponenter og bruk av teknologi som bedre ivaretar dokumentasjon vedrørende materialenes egenskaper, sammensetning og plassering i bygget. Men som tidligere nevnt kommer

bransjen til å måtte forholde seg til bygninger og avfall som ble produsert i en tid der bærekraft ikke var i fokus i lang tid fremover.

### 4.5.3 Avfallsreduksjon og forebygging

*Materialgjenvinning fordrer avfall - og avfall er det sirkulær økonomi søker å eliminere*

Oversatt fra (Castro and Pasanen, 2019)

Dersom bransjen hadde søkt å eliminere avfall vil det nødvendigvis kreve en behandling av ressurser som er i tråd med en bærekraftig utvikling. SNLs definisjon av avfallsforebygging lyder; *tiltak man iverksetter før et produkt, materiale eller stoff er blitt til avfall*. Avfallsforebygging krever derfor god planlegging og prosjektering tidlig i prosessen. Det er også nødvendig med god kommunikasjon og godt samarbeid mellom aktørene i prosessen som nærer en logistikk som ivaretar ressursene. Det er et betydelig potensiale for å oppnå en mer bærekraftig byggebransje ved å stimulere til redusert avfall eller bedre håndtering av dette. Det krever i praksis god planlegging i prosjekteringen.

Selv om det i BREEAM NOR er en prioritert liste av avfallsbehandlingen som sammenfaller med avfallspyramiden, er det største fokuset på sorteringen som skjer på byggeplassen, og å heve sorteringsgraden. Fra figur 4.9 er hovedtiltakene for avfallsforebygging: god logistikk, riktig lagring og rett bestilling.

Etter oppdrag fra DiBK er det gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse vedrørende reduksjon av avfall i byggebransjen (Ibenholt et al., 2020). Figur 4.10 viser en del av analysen som ble gjennomført. Analysen presenterer hvor mye samfunnet kan spare ved avfallsminimering, lokalt og internt ombruk og materialgjenvinning ved ett tonn generert avfall fra ulike fraksjoner. Analysen er delt opp i to deler der den ene er mulig å prissette, mens den andre ser på om det er samfunnsøkonomisk gunstig. Kostnadene som presenteres knyttet til avfallsfraksjonene inkluderer både materialkostnader og kostnadene som ville oppstått ved håndteringen av avfallet. Nullalternativet representerer dagens håndtering av avfallet, og er det tiltakene måles opp i mot. Null i tabellen angir ingen samfunnsøkonomisk innvirkning på et tonn generert avfall. Tallene i denne tabellen baseres på den informasjonen som er tilgjengelig, og rapporten spesifiseres det at denne informasjonen generelt sett usikker da avfallsmengdene sannsynligvis er betydelig større.

En økning i materialgjenvinning antas å innebære et redusert uttak av primære råvarer for nyproduksjon. Dette forholdet kan derimot ikke antas som et en til en-forhold, da det ved de eksisterende gjenvinningsprosessene må forventes noe svinn. Gjenvinningsprosessene

krever også en viss ressursinnsats, og energiforbruk, i tillegg til at en god del transport er involvert. Flere av prosessen er også følsomme i forhold til sorteringsgraden og renheten i materiale/avfallet. Ved å minimere avfallet i stedet for materialgjenvinning unngås flere av disse ulempene.

Figur 4.10 viser at det er samfunnsøkonomisk mest å spare på å minimere avfallet som oppstår for alle de vurderte fraksjonene. Derimot vil avfallsminimeringen vil ha et negativt samfunnsøkonomisk bidrag når det kommer til prosjekteringen fordi det fører til en mer omfattende og grundig prosjekteringsprosess, i hvertfall på kort sikt. På den positive siden vil avfallsminimeringen føre til redusert transport. Det er store mengder materialer som fraktes inn på byggeplass for så å fraktes ut som avfall i løpet av byggeprosessen og ved avfallsminimering vil begge disse aspektene av transport reduseres. På byggeplass er alle kostnadene som oppstår på byggeplassen inkludert. Dersom det antas at fabrikkdimensjonerte elementer benyttes sparer dette arbeiderene tid og arbeid og det vil derfor ha en positiv innvirkning på kost-nytte aspektet ute på byggeplassen. Avfallsminimering antas å ikke påvirke administrative kostnader i forhold til dagens situasjon. Dette er et større problem knyttet til ombruk da materialene må kvalitetssikres, lagres og omsettes etter dagens lover.

		Avfallsminimering	Lokalt ombruk	Internt ombruk	Omsetning av ombruksmaterialer	Materialgjenvinning
Tre	Kr. pr tonn	16 000	14 700	14 700	14 700	0
Stål		23 600	21 200	21 200	21 200	
Isolasjon		65 500	58 900	58 900		0
Glass		>4 500	>4 000	>4 000	>4 000	
Gips		7 700	7 000			0
Betong		1 500	1 400	1 400	1 400	0
Prosjektering		-	--	--	--	0
Transport		+	+	-	-	0(-)
Byggeplassen		+	--	--	--	-
Administrasjon m.m.		0	-	--	---	0
Klimagasser		++	+	+	+	0/+

Figur 4.10: Samfunnsøkonomisk analyse knyttet til avfallshåndtering (Ibenholt et al., 2020)

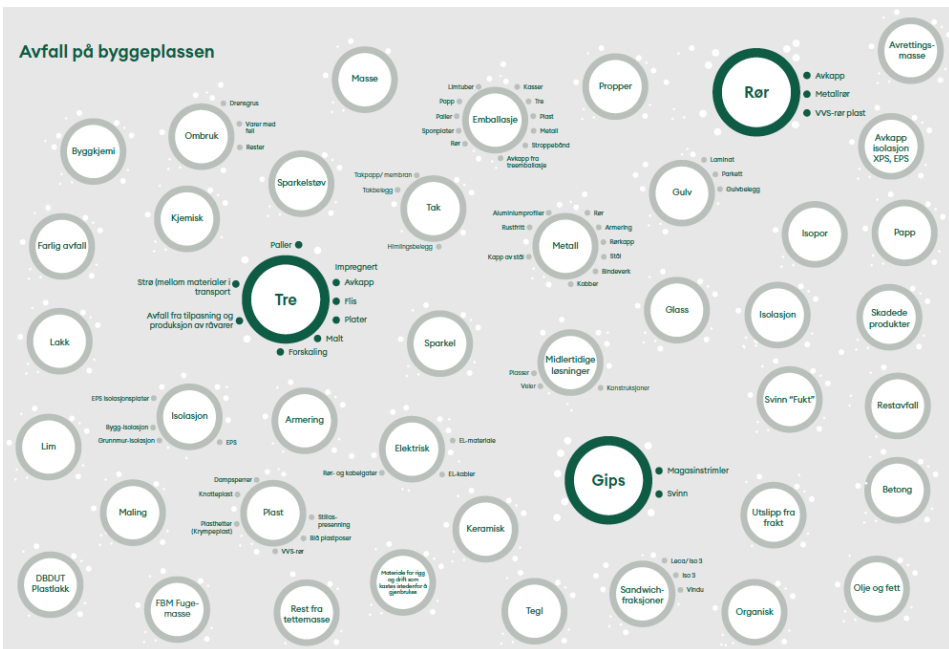
## 4.6 Muligheter og utfordringer knyttet til utvalgte materialtyper

Det er viktig at produksjonen er sirkulær hos produsentene og leverandørene. Riktig og godt gjennomtenkt bruk av teknologi, samt standardisering blir dermed essensielt. Ved en workshop i regi av Halogen AS i 2019 var et av formålene å identifisere så mange avfallskilder som mulig. Resultatet kan ses i figur 4.11. Videre ble det diskutert hvorfor



dette avfallet oppstår og hva man eventuelt kan gjøre for å unngå at avfallet oppstår. Til slutt identifisere hvor innovasjonsbehovet ligger.

Ulike typer materialer krever forskjellige ombruksløsninger og gjenvinningsløsninger. For betong, trevirke og isolasjon er det i dag lite gunstige løsninger på et industrielt plan. Gips er et annet materiale som lenge har vært et problemområde. Gips må håndteres riktig for å unngå forurensing og unngå utvikling av giftige gasser. Derfor har sorteringen og innlevering til avfallsstasjoner vært viktig, men de har ikke klart å håndtere dette dermed har det oppstått store gipsberg på deponistasjoner. Nye metoder utvikles for håndtering av gips, og det er også potensiale for materialer som betong og trevirke.



**Figur 4.11:** Resultater fra workshop med hensikt å undersøke hvor og hvorfor avfall oppstår (Halogen AS, 2019)

### 4.6.1 Gips

Fra 1950 har gipsprodukter vært en del av bygningsmassen i Norge, og fra 80-tallet har Norges produksjon ligget på et stabilt nivå. Gips er et produkt som er svært utbredt i bruk, og brukes i de aller fleste bygg som et ledd i den innvendige kledningen, ofte i plateform. Gipsen er et sammensatt produkt bestående av en gipskjerne og et papplag for beskyttelse. Gips har vært ett av produktene som det har vært utfordrende å gjenvinne grunnet denne sammensteningen. Årlig produseres det omtrent 75 000 tonn gipsavfall der 64% er fra

nybygging, ca 30 fra rehabiliteringsprosjekter og 7% fra riving. I følge SSB går i overkant av 38 700 tonn gipsavfall til materialgjenvinning og ca 36 319 tonn til deponi. Den største utfordringen knyttet til gips og gjenvinning har vært å få skilt papirlaget fra gipskjernen. I de siste årene har det blitt gjort store fremskritt på teknologi som i praksis løser dette problemet.

Gips er et materiale som er energiintensivt å produsere. I tillegg er det store utslipp knyttet til produksjon og deponering av gipsprodukter. Ved en nedbryting av pappen som beskytter gipskjernen vil det oppstå giftig gass. Deponering av gipsproduktene innebærer også at nytt råstoff må importeres/utvinnes noe som igjen genererer store utslipp. Tallene fra tabell 4.3 er hentet fra en veileder omhandlende håndtering av gipsprodukter fra 2012. Så datagrunnlaget er noe gammelt å basere seg på, men det er en indikasjon på viktigheten av å håndtere gipsprodukter på en bærekraftig måte.

**Tabell 4.3:** Utslipp fra 1.000 tonn gipsavfall (CO2 ekvivalenter) (Lystad, 2012)

Utslipp fra 1.000 tonn gipsavfall (CO2 ekvivalenter)		
	Deponering	Materialgjenvinning
Utslipp fra deponi	104 tonn	-
Utslipp fra transport og produksjon av ny gips	96 tonn	-
Utslipp fra gjenvinningsprosessen	-	6 tonn
Totalt	200 tonn	6 tonn

Gjenvinning av gips har et stort potensiale. Gjenvunnet gips vil ha tilnærmet lik kvalitet som hos nyproduksjon. New West Gjenvinning AS er en aktør som har utviklet håndtering av gipsavfall på en bedre og mer bærekraftig måte. Den teknologien som benyttes i denne prosessen fører med seg en gjenvinning uten store tap i kvalitet eller ressuser, og kan dermed erstatte bruk av primære ressurser. Ettersom all avfallsmottak og behandling er regulert gjennom tillatelser fra det offentlige er det begrensninger på hvor mye som kan gjenvinnes. I 2020 har bedriften planlagt å produsere 50 000 tonn gipsprodukter gjennom gjenvinning. Kapasiteten til produksjonen er i praksis mye høyere, men det settes begrensninger fra fylkesmannen knyttet til hvor mye gipsavfall som kan tas imot av fabrikk. Dette illustrerer at eksisterende lover, forskrifter og offentlige pålegg kan opptre hemmende på bærekraft og sirkulær økonomi.

Av materiale som kommer til fabrikk blir ca 9% av til avfall. Mesteparten av dette er kartongen som omslutter gipspapiret. For gipspapiret mangler det aktører som har mulighet til å materialgjenvinne, men det er antakeligvis ikke langt unna å være på plass. Hos fabrikk tas det også imot produksjonsspill fra produsenter, dette er visstnok store mengder som ikke inkluderes i de offentlige avfallstatistikkene.

Suksesskriterier for et slikt prosjekt er god sortering i oppstrømsleddet, altså på byggeplass, der også teknologi og løsninger som foredrer kvaliteten i behandlingen spiller en viktig rolle. Teknologien for gipsbehandling er godt utviklet og New West oppfordrer til deling av teknologi, slik at denne typen gjenvinning blir normen. Kvalitetssikring er et særdeles viktig aspekt. Fabrikken er et nybrottsarbeid, der det gjennomføres omfattende laboratorietesting og etableres god dokumentasjon som gir retningslinjer for hvordan miljøgifter burde håndteres.

Årsakene til at gipsavfall oppstår er som tidligere nevnt tilpassing på byggeplass. Fra riving og rehabilitering av bygg vil store mengder gipsavfall oppstå da det ikke er uproblematisk å demontere uten skader på materiale. Det blir da lite egnet for ombruk. Årsaker til et stort avfallsbidrag fra gips fra nybygg vil være uriktige mengdeberegninger og manglende returordninger, lagringsutfordringer da fuktig gips ikke kan benyttes. Ved å adressere disse aspektene vil avfallet fra gips reduseres. Dette kan da inkludere bestille materialer med spesialmål, dette vil være krevende for prosjekteringen. Timing av bestillinger som reduserer tiden materialet må lagres på byggeplass er viktig for å sikre at gipsen holdes tørt. Gips er også et materiale som er sårbar for skader ved både transport og håndtering. Så en god logistikk på byggeplassen som fører til færre håndteringer reduserer faren for skade. Et økt krav om flere dimensjoner som ofte benyttes og dermed reduserer behovet for kapping. Krav i konkurransegrunnlaget som bygger oppunder avfallsreduksjon i stedet for avfallssortering kan være et intensiv for å øke variasjonen i materialdimensjonene.

Gipsavfall fra nybygg er den største fraksjonen, og dersom avfallet hadde blitt ført tilbake igjen i produksjonen i form av gipspulver hos produsentene kunne dette spart samfunnet for 47 911 tonn avfall. Dette vil være fullt mulig med den teknologien som eksisterer i dag. For å gjøre dette må som tidligere nevnt produksjonen flyttes ut fra byggeplassen, og det krever en mer omfattende prosjektering slik at plassspesifikke materialer kan bestilles. Gjenvinning av produkter som har såpass høy kvalitet at det nye materiale har potensiale til å gå rett inn i verdikjeden til produsentene vil være et meget godt skritt i riktig retning, men lov, forskrift og pålegg fra offentlige organer må også justeres tilsvarende før dette kan bli reelt på et industrielt plan. Produsenter er naturlig konservative når en produksjonsprosess er etablert, men krav fra entreprenører, byggherrer eller brukere kan øke fokuset på å fase ut uttaket av primære råvarer til fordel for mer sirkulære prosesser.

## 4.6.2 Trevirke

Bruk av tre i bygg går langt tilbake i tid i Norge. Dette er en ressurs som har vært og fremdeles er tilgjengelig i store mengder for norsk byggenæring. Tre er også en fornybar ressurs som bidrar til lagring av CO<sub>2</sub>. Den gode tilgangen på tre i Norge innebærer også en ulempe i forhold til å tenke sirkulært, da ressursknapphet og behov for å finne alternative metoder ikke blir en problemstilling. Trevirke er et organisk materiale og omfattes derfor

av deponiforbudet beskrevet i kapittel 9 i avfallsforskriften. Det aller meste av trevirke som går til gjenvinning blir utnyttet til energigjenvinning.

I følge Norsk Gjenvinning deles trevirket inn i to fraksjoner ved levering til gjenvinning; rent trevirke som er kjemisk ubehandlet, og blandet bearbeidet trevirke. Videre vil det for rent trevirke og det blandede, kjemisk behandlede trevirke være lik behandlingen på mottaket og i gjenvinningsprosessen. Begge kategorier gjennomgår visuell kontroll ved mottak før lagring. Deretter blir virket kvernet før den rene fliskvaliteten og den blandede fliskvaliteten leverest til energigjenvinningsanlegg der det produseres fjernvarme eller prosessdamp. Dersom energien fra energigjenvinningen fra trevirke erstatter fossilt brennstoff så er det et mer bærekraftig valg, men det er ikke et sirkulært alternativ da det fjerner trevirket fra en potensiell materialslyfe. Det er likevel i dag ikke noen utbredte metoder for å håndtere trevirke på en måte som ivaretar ressursen.

En stor utfordring knyttet til bruk av trevirke er det impregnerte trevirke. Denne materialtypen lar seg ikke materialgjenvinne eller utnyttes for energi. Dette er en sannhet med modifikasjoner, i og med at det fra og med 2002 ble det ulovlig å bruke krom og arsen-salter (CCA) til impregnering, da dette er helse- og miljøskadelige stoffer. Slikt trykkimpregnert trevirke måtte behandles som farlig avfall. Nå trykkbehandles trevirke annerledes, med kobbersalter, og da kan teoretisk sett det trykkimpregnerte trevirket gjenvinnes på samme måte som annet behandlet trevirke. Problemet her er at typen impregnering ikke kan bestemmes visuelt. Energigjenvinningsanleggene kan derfor ikke utnytte impregnert trevirke, og det kan heller ikke ombrukes da det er forbudt (Olsen, 2018). Mye av trevirket som benyttes i byggebransjen er også importert noe som fører til at bruk vil føre til et ytterligere bidrag til utslipp av klimagasser. For norske produkter vil dette bidraget være mindre.

På samme måte som for gips er det fullt mulig å unngå eller kraftig redusere avfall fra trevirke i nybygging. Likt som for gips vil trevirke bestilles for så å tilpasses på byggeplass. Det er også muligheter for å planlegge for situasjonsspesifikke dimensjoner når det kommer til trevirke. Det er gode løsninger for skjøting av trevirke, spesielt for de større dimensjonene, og ved å utnytte dette kan man i teorien eliminere alt avkapp fra trevirke. Trevirke er som tidligere nevnt et materiale som er lett tilgjengelig, relativt billig å kvitte seg med, og det ses ofte på som en stor utgift dersom trevirke ikke er tilgjengelig på byggeplassen til ulike formål. Dette siste vil føre til at materiale lagres lenge på plass, noe som igjen kan føre til økte avfallsmengder knyttet til ugunstig lagring. Bærekonstruksjoner av tre vil i forhold til betong og stål kreve et større volum og mer materialer som må forflyttes. Derfor er det enda viktigere at bestillinger er eksakte, slik at materialer som fraktes ubrukt ut av byggeplass minimeres.

Når det kommer til trevirke er ikke ressursknappheten merkbar i dagens marked, og det anses som et miljøvennlig materiale. Men det er også forbedringspotensiale knyttet til bruk

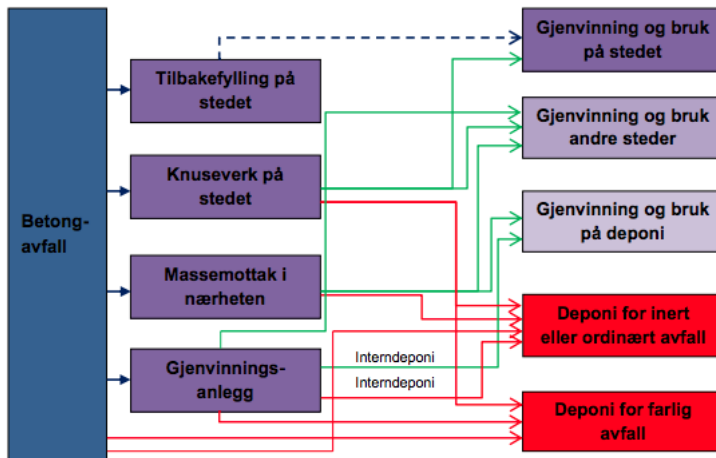
av trevirke i det bygde miljø, spesielt når det kommer til avfallshåndteringen.

### 4.6.3 Betong

Betong er et av de mest utbredte byggematerialene som brukes i dag. Betong har blitt benyttet i den norske byggebransjen i lang tid, og produseres ved å blande sammen sement, vann, sand og stein slik at det oppstår hydratisering som herder betongen. Materialet er fleksibelt, det har lang levetid og er sterkt. Betong er et noe kontroversielt materiale miljømessig. Det er kjent som en værsting når det kommer til utslipp av klimagasser, spesielt CO<sub>2</sub>. I tillegg er tegl og betong og andre tyngre bygningsmaterialer den største avfallsfraksjonen på ca 700 000 tonn, der ca 62% går til deponi i følge SSBs statistikk fra 2017. Nye studier viser at dersom man ser på et helhetlig bilde er det ikke store forskjeller i bruk av tre og betong knyttet til utslipp av klimagasser. Det dårlige miljø-omdømmet betong lenge har hatt har ført til utvikling av produkter som reduserer miljøeffekten, som for eksempel lavkarbon-betong.

Hovedsakelig benyttes enten plasstøpt betong eller prefabrikkerte betongelementer i byggeprosjekter. Kostnadmessig vil det ikke være stor forskjell på disse to metodene, men man det vil ofte være tidsbesparende å velge prefabrikkert. Dette forutsetter en fullstendig prosjektering ved prosjektstart, derimot er plasstøpt betongkonstruksjon en mer fleksibel metode. Plasstøpt vil derimot ofte føre til mer avfall på byggeplassen, da avfallet hos produsentene av prefabrikkerte betongelementer er mer homogent og tilgjengelig for å benyttes i andre prosjekter.

Fra figur 4.12 er det flere metoder for å behandle betongavfall. Tall fra 2017 viser at kun 4% av avfall fra betong og tegl ble materialgjenvunnet, og 62% ble sendt til deponi mens 22% ble utnyttet til fyll og dekkmasser. I de store rivningsprosjektene er den mest effektive behandlingsmetodene for avfallet å bruke det som tilbakefylling på stedet etter knusing. For nybyggsprosjekter og for rehabilitering hentes oftere avfallet i avfallscontainere for gjenvinning (Rønning et al., 2016). Betong er et energiintensivt materiale, både med tanke på produksjon av sement og knusing av steiner til bruk i betongen. Ved å benytte disse metodene med bruk av knust betong som fyllmasser vil den iboende energimengden i liten grad utnyttet. Ved ombruk av elementer vil energien bli ivaretatt på en mer gunstig måte.



**Figur 4.12:** Behandling, gjenvinning og sluttdisponering av betongavfall. (Rønning et al., 2016)

Betong kan også benyttet under produksjon av ny betong i form av tilslag. Resirkulert tilslag defineres som knuste betongmasser der armering og andre fremmedlegemer er fjernet i tilstrekkelig grad, og hvor fraksjonen er siktet til ønskede kornstørrelser. Rundt dette er det noe skepsis knyttet til kvaliteten av den nye betongen. For å sikre at kvaliteten tilfredsstillende kravene på betongen kan det kreves mer sement og dermed økte utslipp. Det er også restriksjoner knyttet til utslipp av seksverdig krom. Det er flere i bransjen som mener at grenseverdien for utslipp av seksverdig krom er for lav og at det er en stor hindring for gjenbruk av betong.

De avfallshåndteringsmetodene som er presentert i figur 4.12 fører til en nedsirkulering av materialet. Det finnes i dag ingen gode avfallsbehandlinger av betong, utenom direkte ombruk av elementer, som ivaretar materialets iboende energi og miljøbidrag i dag. Direkte ombruk av betongelementer krever at reversible festemetoder for å ikke skade materialet under demontering.

## 4.7 Standardisering

I en sirkulær bygningsindustri er det nødvendig med et visst standardiseringsnivå. Standardisering vil være et hjelpemiddel for å sikre at materialer og produkter kan gjenbrukes i flere bygninger eller systemer uten vesentlige modifikasjoner. Når deler av produksjonen foregår på selve byggeplassen vil materialer som aldri er planlagt brukt transporteres. Dette gjelder blant annet avkapp fra trevirke og gips, men også store mengder emballasje. Produksjon på byggeplass vil kunne spare noe på byggetid og mulighet for lokal tilpas-

sing, men tape vesentlig ved at materialene må fraktes dobbelt opp. Dersom prosjektet hadde oppgitt alt det de trengte med dimensjoner, blir byggeplassen endret fra et produksjonsmiljø til et monteringsmiljø. Da er det viktig at produksjonen også er sirkulær hos leverandørene. Riktig og godt gjennomtenkt bruk av teknologi, samt standardisering blir dermed essensielt for å lykkes.

### **4.7.1 Prefab og prekutt**

Prefab, eller prefabrikkerer refererer til en bygningsdel som produseres et annet sted enn på den endelige plasseringen. Det samme gjelder prekapp der materialer ferdiggjøres, gjerne hos produsenten. Hos produsentene vil gjerne avfallet som oppstår være mer homogent å lettere å gjenvinne å føre overskuddsmaterialene direkte tilbake igjen i prosessen. Det er et viktig aspekt å passe på at produsentene håndterer avfallet forsvarlig. I tillegg til å potensielt redusere avfall, kan standardiserte moduler og prefab sørge for mer tilrettelagt ombruk i fremtiden ved rehabilitering eller riving. En slik løsning vil være mer kostbart, men det på en annen side vil kostnadene for avfallshåndtering synke, og det kan redusere transport både knyttet til transport av materialene til byggeplassen og avfallstransporten. En annen fordel er at det kan redusere arbeidsmengden på byggeplass og redusere risikoen for feilbygging (Nordby and Wærner, 2017). En utfordring kan være at prefabrikeringsselementer kan bidra til mer utbredt bruk av sandwich-elementer, som er sammensatte materialer som er vanskelig å skille. Slike typer materialer av en større utfordring å materialgjenvinne, og dermed bidra til avfall som ikke kan inkluderes i en lukket materialsøyle.

### **4.7.2 Teknologi**

Det er mye som har skjedd på teknologifronten både for samfunnet generelt, men også innen byggebransjen i de siste årene. Proptech, eller “property technology” er et relativt nytt aspekt som inkorporerer bruk av informasjonsteknologi i BAE-bransjen. Formålet er å benytte IT som hjelpemiddel til å bygge, kjøpe og selge, og drifte bygninger mer effektivt. Proptech og smarte hus brukes ofte om hverandre, men begrepet inneholder også det meste av utvikling og utnyttelse av teknologi. Teknologier som ofte innbefattes av proptech er tingenes internett (IOT) og sensorteknologi, big data og skyløsninger, kunstig intelligens og maskinlæring, og til sist virtuell virkelighet (VR) og utvidet virkelighet (AR). Flere av disse aspektene er knyttet til driften av bygningen og om innsamling av data knyttet til sensorteknologi og anskaffelse av en innsikt om bruken av bygget. Dersom dette brukes vidt er det avgjørende å samle alle systemene i bygget. Slik det er i dag har den organiske utviklingen av de tekniske anleggene ført til at instanser som ventilasjon, rør og elektro alle har hvert sitt system og at det er lite kommunikasjon mellom fagene. Dette fører til unødvendig komplekse bygg, og erfaringer fra bransjen er da at det settes inn ekstra sensorer som en lettvinnt løsning. For å integrere teknologiske systemer i driften av et bygg

er det viktig at det er en helhetlig oversikt og kontroll. Behovet for dataen må være til stede, og den må analyseres, for så å benytte seg av denne slik at det kommer brukerne til gode. Det er lite gunstig å samle inn store mengder data dersom det ikke blir analysert og videre brukt til å forbedre bygget.

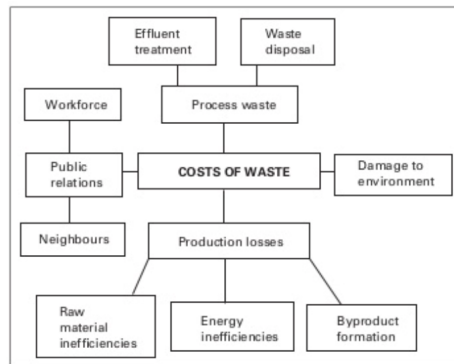
De største trendene innen konstruksjonsteknologi og proptech på byggeplassen inkluderer VR, AR, byggeprogramvare og dataøkosystemer, et mer utbredt bruk av bygningsmodelleringer og en økning innen bruk av prefabrikasjon og bruk av moduler. Nye materialteknologier, som lavkarbonbetong og selvhelende betong er gunstig grunnet lavere karbonavtrykk og lengre levetider. Bruk av skyløsninger og mobil teknologi forenkler arbeidet på byggeplass og gjør at informasjon er mer tilgjengelig for fler på en enklere måte. Selv om bruk av BIM-modeller begynner å erstatte papirtegninger må fremdeles mesteparten av informasjonen mates inn i de eksisterende teknologiske hjelpemidlene manuelt.

Teknologi og bærekraft kommer til å bli forutsetninger for hverandre. For å øke omfanget av ombruk er man avhengig å digitalisere systemene for at det skal være effektivt. Ved å få på plass enkle og effektive verktøy for å få inn nyttig input som kan overføres til andre systemer, åpner man opp for en bedre kommunikasjon mellom bransjene og innad i bransjen. Dette kan gjøres ved å etablere et felles språk, etablere markedsportaler, åpne API så informasjon kan utveksles. Dersom ombruk skal bli et relevant og reelt alternativ for bygningsmaterialer er det nødvendig at informasjon lagres vedrørende hva slags materialer som finnes i bygget og hvor og hvordan det er montert i tillegg til nødvendig dokumentasjon. Denne informasjonen sammen med en markeds plass som informerer om hva som er tilgjengelig og når. Dersom man har kontroll på alle komponentene i et bygg, vil det bli lettere å ombruke de. Teknologi vil være et essensielt hjelpemiddel både for informasjon vedrørende bygningsmaterialene, med også til kjøp og salg av brukte materialer. Flere aktører har begynt å skape en slik markeds plass for ombruk av varer, Resirqel og Green Stock er gode eksempler på dette.

### **4.8 Hva er potensialet ved en overgang til en mer sirkulær byggebransje?**

I 1862 ble den første offentlige loven vedrørende avfallsbehandling etablert. Ved vedtak av sunnhetsloven fikk kommunene større ansvar for å begrense forsøpling og de helserelevante utfordringene som førte med dette. Deretter var det lite som skjedde før på 70-tallet. Da det etterhvert ble fokus på avfallshåndteringen kom avfallsbedriftene på banen, da de så at det var mulig å tjene penger på alt avfallet som oppsto. En viderføring av dette er forhåpentligvis det som vil skje fremover. Det er store mengder ressurser som blir sendt til gjenvinning med en nedgradering i kvalitet og verdi, forbrenning eller deponi, og det er et stort potensiale for å utnytte disse ressursene økonomisk.





**Figur 4.13:** De skulte kostnadene knyttet til avfall

### 4.8.1 Kostnad

Alle endringer som krever forandring fra det eksisterende, etablerte systemet vil medføre en kostnad for de impliserte aktørene og samfunnet generelt. Samtidig viser den samfunnsøkonomiske analysen som er oppsummert i figur 4.10 at det er penger å spare dersom avfallssystemene for byggavfall endres. Generelt vil den største kostnadsbesparelse komme fra en avfallsminimering og deretter lokalt og internt ombruk, og den minste kostnadsbesparelsen som er vurdert vil være fra omsettingen av ombruksmateriale. Disse besparelsene er regnet i forhold til dagens situasjon hvor materialgjenvinning i en form er vanligst. Det er kostnadskrevenende å bygge et bygg, det er mye kapital som går med i byggeperioden. Rentekostnader og finanskostnaden i prosjektering, og varigheten av byggeperioden er det ønskelig å minimere for å begynne å få inn leie eller solgt leiligheter og kontorer så raskt som mulig. Det er også skulte kostnader knyttet til avfall, vist i figur 4.13. Så dersom avfall bli eliminert vil kostnadene synke.

I dagens system er en av de største drivkreftene knyttet til tid og kostnader. Kostnadene knyttet til byggets endestasjon er ikke bygget inn i kalkulasjonen. Dersom byggets slutfase hadde vært inkludert kunne dette ha fungert som et positivt bidrag til regnestykket. Ved å da bygge med materialer som kan demonteres og ombrukes med all nødvendig dokumentasjon vil man få en økonomisk gulrot for å implementere sirkulære løsninger. Dette vil også kunne påvirke finansieringen i bygningsfasen. Materialer med høyere kvalitet, lang levetid og mulighet for fleksibilitet vil alltid i innkjøpsfasen alltid være mye dyrere enn materialer som ikke kan ombrukes, for eksempel vegger i massivtre versus gipsvegg/eller andre systemvegger. Ved å benytte seg av materialer av høyere kvalitet vil det bli stilt høye krav til budsjettene og i innkjøpsfasen vil det være vanskelig å få gjennomslagskraft. Ved bygging av nye næringsbygg er det ofte fokus på den første leieavtalen. Da er det om å gjøre å få byggene ferdigstilt tidlig for å generere inntekter, samt redusere de store kostnadene knyttet til byggefasen. Tid og kostnad er en stor årsak til at det billigste alternativet

velges. Ved å fokusere på kortsiktige leieavtaler, alt fra 3-10 år, vil dette også være mest gunstig for markedet da endring av leietaker ofte fører til oppussing av lokalene. Det er derfor viktig å synliggjøre verdien i materialene i litt et lenger perspektiv.

I dagens marked er det et mindre kostnadskrevende alternativ å benytte seg av primære råstoffer enn å utnytte de materialene som er lagret i de eksisterende byggene. I dag vil de økonomiske insentivene og lovverket understøtte uttaket av jomfruelige materialer. Dette fører til en lavere etterspørsel, i tillegg til at lovverket gjør det veldig utfordrende med tanke på krav om dokumentasjon og omsetting av byggevarer. Lav etterspørsel vil igjen føre til at et bedre ressursforbruk ikke blir prioritert. Intensiver som bidrar til å gjøre ressurs-effektivisering lønnsomt og stimulerer en etterspørsel etter sirkulære løsninger er derfor nødvendig.

Alderen på bygningskomponentene som klassifiseres som avfall varierer veldig. Trenden ved at de eldre bygningene i større grad ivaretas enn nyere bygg bidrar til at materialer er kortere i omløp. Dette er en dårlig investering, og ombruk trenger ikke nødvendigvis omhandle 30 år gamle materialer det kan også være materialer som har vært i bruk få år, over-skuddsmateriale fra byggeplass eller rett og slett en feilbestilling. Dersom CE-merkingen forsvinner med emballasjen er det ikke lenger mulig å omsette uten en ny vurdering av kvalitet. Et system som ivaretar dokumentasjonen på materialene ville vært også økonomisk gunstig. Ombruk er et aspekt som vurderes til å ha et høyt kostnadsnivå, med tanke på ekstra tidsbruk og ekstra prosjektering. Derfor ses det ikke på som et reelt alternativ som en gunstig løsning i et bedriftsøkonomisk perspektiv.

Det er jo også et spørsmål om hva som er verdt å ombruke. Slik det er i dag er det en omfattende prosess å få til ombruk i praksis. Det er dyrere å rive eller demontere på en måte som tilrettelegger for ombruk, da prisen på arbeidskraft er høy. Da blir ofte innsatsfaktoren med timeverk mye høyere enn kostnaden til nye materialer, og det blir billigere å rive effektivt ned for å føre bygget opp igjen med nye materialer. I praksis er det kostnad-nytte og tidsbruk-nytte-vurderinger som må gjøres. Med billige løsninger for materialgjenvinning og/eller deponi, og billige ubrukte materialer er det lite insentiver for bedriften å benytte seg av ombruk som en sirkulær løsning med mindre det er et mål å oppnå miljøsertifisering som har krav om ombruk. Eierskaps-følelse til materialene gjør at de blir ivaretatt på en bedre måte. Det er også knyttet en viss risiko til omsetting av brukte materialer. Hvem er det da som skal eie materialene og ha ansvar for at kvaliteten blir ivaretatt og at det håndteres fornuftig når det ikke kan brukes mer. En metode for å lukke denne sløyfen med ansvarsfraskrivelse kan være å etablere delingsøkonomier og utleie av produkter. Dersom leverandørene ble ansvarlige for å ta tilbake materialene etter endt bruk, ville de kanskje jobbet for å designe og produsere materialer som er lettere å ombruke, inkorporere tilbake igjen i produksjonsprosessen og/eller lettere å materialgjenvinne. Dette kunne ført til mindre sammensatte komponenter og enklere demontering.

En omstilling fra den lineære økonomien vil føre med seg samfunnsøkonomiske kostnader, og det er mange utfordringer knyttet til dette. Dersom klimamålene Norge og resten av verden har satt skal nås vil en slik overgang være nødvendig. Vektingen av de kostnadene som kommer vil overskygges av fordelene med å ha en verden som ikke befinner seg midt i en miljøkrise.

### 4.8.2 Kvalitet

Klimadebatten handler i stor grad om energieffektivisering og fornybar energi, og i for liten grad om produktene. I et sirkulærøkonomisk samfunn er det nødvendig at kvaliteten til materialene beholdes så lenge som mulig. I dagens situasjon er ivaretagelse av materialene lite i fokus. Den lineære økonomien har bygget opp et bruk og kast-samfunn. I et slikt forbrukersamfunn, der kjøpekraften er stor, er ikke bevaring av produkter eller materialer en prioritering. Dette fører til en generering av store avfallsmengder.

Materialer som gjenvinnes vil i prinsippet videreføres i livsløpet, men slik gjenvinningsbransjen er satt opp i dag vil kvaliteten ofte forringes og svinn oppstå i løpet av prosessen. Da blir avfallshåndteringen ikke en del av den sirkulære økonomien, men kun et ekstra steg i den lineærøkonomiske modellen. Dette vil ikke i et langsiktig perspektiv bidra til å lukke sirkelen. Forbrenning til energiutnyttelse er en enda mindre ressurseffektiv løsning enn materialgjenvinning.

Som tidligere nevnt er det noen utfordringer knyttet til ansvaret for byggematerialene. Produsentene og leverandørene har ansvar for komponentene i korte perioder. Slik det er i dag, er det et paradoks at man kjøper tjeneste eller vare og den som har levert det har i liten grad ansvar for at det fungerer. Levetidsbetraktningene baseres derfor på at det er kjøpt et produkt som oppfattes at er av høy kvalitet men så stopper ansvaret når sluttoppkjøret er ferdig, eller tre år for næring og fem år for bolig og da er leverandøren fri for ansvaret. Dersom produktet for eksempel leies ut vil utleieren alltid være opptatt av at kvaliteten opprettholdes, slik at varebeholdningen ikke taper verdi.

I byggebransjen er det en skepsis til ombruk av byggevarer. Noe av denne skepsisen knyttes opp mot kvaliteten til de ombrukte materialene. Her vil regelverket også fungere som en hindring, da det er såpass komplekst og omfattende at det verken tidsmessig, kostnadsmessig eller kvalitetsmessig ikke lønner seg for bedriften, og da vil det jo heller ikke blir prioritert og miljøhensynene kommer i siste rekke. I regelverket er det et stort fokus på kvalitet av byggevarer, og det er positivt med tanke på bygningssikkerheten, men noen av disse er unødvendig strenge. Et bilde på dette er at interiørarkitekter heller ikke får tilgang til ombrukte byggematerialer selv om de skal benyttes dekorativt. Dette indikerer at kravene er for strenge og at regelverket er til stor hindring for ombruk og innovasjon i materialgjenvinning.

Det er et stort fokus på bærekraft for tiden med det mangler verktøy for å få det til. Mangelen på tilfredsstillende verktøy for å sikre kvaliteten på sekundære råvarer er en barriere for opptak av den økonomien. Felles standarder er nødvendig for å bygge og støtte handel. Begrensede materialvalg, standardiserte løsninger og reversible knutepunkt vil være viktig for å ivareta kvaliteten til materialene. I motsetning til de strenge kravene til ombruk av materialer oppleves reglementet rundt kvaliteten på materialgjenvinningen som liten. Kvaliteten og verdien til materialene forsvinner i nedsirkuleringen som er standard oppsett i materialgjenvinningen i dag. Standarden på materialgjenvinning burde være på et nivå som fører til et redusert uttak av primære ressurser, dette er ikke tilfellet for de fleste avfallsfraksjoner i dag.

### 4.8.3 Miljøfordeler

En overgang til en sirkulær økonomi vil i byggebransjen ha et stort potensiale. Det er mye å hente på å tenke mer ressurseffektivt. Ofte vil et redusert materialbruk og optimaliserte løsninger være vel så effektivt som materialer med lave klimagassutslipp. Kombineres disse aspektene er det enda mer å hente.

Siden avfallsstrømmen vil fortsette å komme i overskuelig fremtid, vil investeringer i gjenvinning være nødvendig. Men for å oppnå en virkelig meningsfull sirkulærøkonomi både i bransjen og ellers i samfunnet vil dette skje uten gjenvinning. Materialgjenvinningen slik den er i dag fungerer som en krykke for den lineære økonomien. Det ideelle ville vært å eliminere avfall som begrep, men da det ikke vil skje i stor nok skala i nær fremtid må innovasjon inn i avfallshåndteringsbransjen. Det er også et stort problem at nye bygg som settes opp i dag, heller ikke har en helhetlig sirkulær tankegang. I for få nybygg planlegges det for ombruk av materialene, da kortsiktige tidsfrister og kostnader er det som hovedsakelig driver bransjen. I en ideell sirkulær økonomi vil ikke ressursene ende opp i gjenvinning fordi de er laget for å vare i flere sykluser og produktenes levetid utvides via vedlikehold, reparasjon, omfordeling og/eller rehabilitering slik at de ikke havner i den lavverdige, energiintensive sløyfen materialgjenvinning er.

Bærekraft, og også sirkulær økonomi, handler om å utnytte de ressursene vi har på en måte som ikke vil påvirke fremtidige generasjoners muligheter. Det forbruket av materialer som ses i dag passer ikke inn i bærekraftsbilde, og byggenæringen har et ansvar. TEK17 § 9-5 (2) beskriver at det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning. Dette legger opp til et fokus kun på materialgjenvinning, da ombruk er en mer utfordrende i forhold til det gjeldende lovverket. Den praktiske konsekvensen av dette vil være et tankesett som favoriserer materialgjenvinning. Da blir det utfordrende å få til løsninger oppover i avfallspyramiden. Direktoratet for byggkvalitet har i flere presentasjoner på konferanse og webinar forklart hvorfor ombruk av byggematerialer er et lite gunstig område å etterstrebe. DiBK er en forkjemper for mer dokumentasjon på byggematerialene, når den-

ne dokumentasjonen slik den er beskrevet i lovverket i dag er en stor hindring for ombruk av bygg- og anleggsmaterialer.

Ved ombruk er det usikkert hva den samlede klimagasseffekten er, siden ombrukstiltakene reduserer klimagassutslipp fra noen kilder, mens den øker for andre. For eksempel vurderes det at ombrukstiltakene øker klimagassutslipp fra riving/demontering ettersom det er mer ressurskrevende å demontere for ombruk. I dagens byggefase er det høye krav til sorteringsgrad, det er imidlertid lite konkret kvalitativ eller kvantitativ informasjon om hvor gunstig materialgjenvinningen egentlig er i forhold til en målsetting om redusert uttak av primære ressurser og utslipp av klimagasser. Det er flere miljøkonsekvenser utover utslipp av CO<sub>2</sub>, og som tidligere nevnt har de ofte en gjensidig forsterkende effekt. Minimering av negative areal-, miljø- og sosiale konsekvenser av råvareuttak til byggevarer er også en sentral drivkraft i sirkulærøkonomien. Dersom alt regnes om i CO<sub>2</sub> er det derfor en viss risiko for at disse effektene neglisjeres. På bakgrunn av dette er det derfor viktig å få frem et helhetlig bilde også av de faktiske konsekvensene av en utbygging som fører til økt forbruk og fler negative miljøkonsekvenser.



# Kapittel 5

## Konklusjon

Den sirkulære økonomien uttrykkes av flere som et nytt utviklingsparadigme som fokuserer på å revurdere økonomiske prosesser og menneskeskapte aktiviteter innenfor rammen av den økologiske kapasiteten til planeten. Sirkulær økonomi er en modell som vektlegger innovasjon i alle faser av en verdikjede fra utvinning av produktets bestanddeler, sammenstilling og produksjon, distribusjon og forbruk, basert på en "vugge til vugge"-visjon. Dette krever en radikal reversering av grunnbegrepet avfall slik vi kjenner det i den lineære økonomien. I et sirkulærøkonomisk rammeverk er avfallsmaterialer, komponenter og produkter designet for ombruk og en høy-verdig gjenvinning på slutten av materialets levetid, for å oppnå mer bærekraftige produksjons- og forbruksykluser. I en verden der ressursene er begrenset har ikke samfunnet råd til å kaste bort fremdeles anvendelige ressurser. Det er derfor meget sannsynlig at bygg- og anleggsbransjen, som bygger på et høyt ressurs- og energiforbruk og også selv produserer store mengder avfall kan realisere betydelige gevinster for den enkelte aktør og samfunnet som helhet ved å jobbe mer sirkulært innenfor sektoren.

Sirkulær økonomi er et vidt begrep som i dag mangler en entydig definisjon. Søk i ulike kilder viser at definisjonen også ofte skreddersys til bransjen begrepet knyttes til og i forhold til om det er miljø, økonomi, eller sosiale faktorer som er hovedperspektivet. En god del av litteraturen om sirkulær økonomi er også basert på erfaring, kunnskap og begreper knyttet til industriell produksjon, uten at dette betyr at prinsippene ikke kan overføres til andre bransjer, som byggebransjen.

Det vil alltid være utfordrende å forandre en forretningsmodell som har vært i bruk lenge,

som fungerer i praksis og som også gir akseptabel avkastning på anvendt kapital. Behov for endringer oppstår gjerne som følge av et fåtall pionerer som ønsker en mer bærekraftig bygg- og anleggsbransje etter inspirasjon fra andre land som har kommet lengre eller fra andre industrisektorer som har oppnådd positive resultater og som antas mulig å gjenbruke. Endringene kan også være drevet frem som en naturlig konsekvens av nye lovpålagte krav, reguleringer eller insentiver tilrettelagt av myndighetene. I dagens marked er det vanskelig å se at en slik overgang drives frem fra myndighetenes side siden mye av dagens lovverk ofte hindrer innovasjon og bremser den bærekraftige utviklingen som er ønsket av store deler av bransjen. Det har på seminar og webinar flere ganger vært nevnt at myndighetene ikke nødvendigvis vil være drivere og rollemodeller når det kommer til sirkulær økonomi og en ambisjon om økt bevaring av ressursene.

En av forutsetningen for at hele eller deler av verdikjeden skal bli mer sirkulær er at produksjonen hos de ulike leverandørene av bygningskomponenter også bygges opp rundt sirkulære prinsipper. Riktig og gjennomtenkt bruk av teknologi, samt økt grad av standardisering blir dermed essensielt. I et slikt scenario vil det være svært viktig å kontrollere og holde en god oversikt over mengden av materialer som trengs i det enkelte byggeprosjekt for å kunne produsere med lavest mulig svinn og nå prosjektets ønskede økonomiske mål. Økt ferdigstillelsesgrad på fabrikk vil også bidra til å redusere transportbehovet av materialer, og det vil være enklere for produksjonen i fabrikken å redusere eget avfall ved å føre overskuddsmaterialene eller avkapp og liknende tilbake til egen produksjon.

Avfall er i prinsippet et begrep som ikke eksisterer i et sirkulært samfunn. Et bygg har imidlertid ofte lang levetid og bransjen må derfor håndtere store mengder avfall fra bygninger produsert og satt opp helt tilbake til tidlig 1900-tallet. Både eksisterende eldre bygg og alle nye bygg som settes opp i dag er potensielle innskudd i en materialbank, der de vil representere en stor mulighet til å kunne redusere utslippene som bransjen er ansvarlig for gjennom lavere ressursuttak av primærressursene. Redusert materialbruk med en mer tilrettelagt produksjon vil være vel så effektivt som å fokusere på økt bruk av materialer med lave klimagassutslipp.

Sirkulær økonomi er et relativt nytt og umodent område. Det er enda ikke etablert et helhetlig bilde av hvilke miljøeffekter vi vil kunne høste ved å se på de ulike bygningsmaterialer som gjenbrukbare komponenter i en større livssyklus. Det har i en lengre periode vært mest fokus på klimagassutslipp og sortering av avfallet på byggeplassen. I en sirkulær tankegang vil det være viktigere at materialer fraktes så kort som mulig, men også bevares så lenge som mulig. Høy sorteringsgrad er derfor et godt prinsipp, men vil ofte ikke bidra tilstrekkelig til å nå ønsket grad av ressursutnyttelse. I forbindelse med produksjon av nye bygg vil det være større muligheter for å kunne redusere avfallet som oppstår enn ved ombruk av eksisterende bygningsmasse. Også ved hjelp av riktig teknologi, større grad av standardisering og økt bruk av fabrikkdimensjonerte og produserte elementer



kan avfallet reduseres.

Disse utfordringene vil gjelde for de fleste avfallsfraksjoner. Det påstås gjerne at stadig mer effektiv og innovativ materialgjenvinning har tatt ut det potensiale som er mulig å realisere og at ytterligere forbedring kun vil skje dersom man redesigner hele verdikjeden. For å sikre en mer bærekraftig utvikling, der fremtidige generasjoner ikke skal måtte føle på ressursknapphet på bakgrunn av tidligere generasjons forbruk, må derfor en del av de bærekraftige prosessene, som materialgjenvinning også utfordres med tanke på ny innovasjon og forbedring innenfor de ulike avfallsfraksjonene.

Dagens lovgivning kan også representere en mulig barriere når målsettingen er å få til en rask overgang til sirkulær økonomi. Omfattende dokumentasjonskrav særlig knyttet til ombruk av materialer eller bygningskomponenter gjør at det ofte er lettere og billigere å bruke nyproduserte materialer. Regelverket er også ofte til hinder for de aktørene som ønsker å utfordre dagens normer for å øke bærekraften. Et godt eksempel på dette er New West gipsgjenvinning, som kan håndtere gips uten forringelse av kvaliteten og med en svært begrenset nyproduksjon av avfallsstoffer. Bedriften har i dag store begrensninger satt av fylkesmannen når det gjelder hvor mye de får lov til å gjenvinne. Også når det gjelder trevirke er det utfordrende for aktører som ønsker å utnytte brukt trevirke på en annen måte enn til energigjenvinning for å få tilgang til disse ressursene. En annen utfordring knyttet til lovgivningen er at det stilles mange krav knyttet til påvirkning på det ytre miljø samt etablering av avfallsplaner, men det er for liten etterkontroll av dette aspektet.

Det trengs en mer grundig undersøkelse av den tradisjonelle måten vi bygger på der avfall i stor grad blir kvernet opp til partikler for i beste fall å gå til materialgjenvinne. I de 1,9 millioner tonn avfall, der 25% av det kommer fra nybygg, ligger det betydelige mengder ressurser som kan utnyttes for å redusere uttaket og spare kostnader. Etersom samfunnet i fremtiden vil måtte utnytte dagens avfall som fremtidens byggematerialer må ressursene utnyttes langt bedre. Bruk og kast mentaliteten i dagens samfunn kan ikke fortsette dersom dagens og fremtidige produksjonsbehov skal dekkes. Tilgjengelige ressurser må derfor utnyttes både mer fornuftig og rettferdig basert på en langsiktig tilnærming. Utfordringene knyttet til global oppvarming og CO<sub>2</sub> utslipp er fremdeles akselererende, men det er minst like viktig å øke fokus på helheten og se konsekvensene som oppstår som følge av den lineærøkonomiske modellen.



# Kapittel 6

## Sluttord

### 6.1 Sluttord

Miljø- og klimautfordringene som verden står overfor i dag er en global krise som alle deler av samfunnet er nødt til å løse sammen. Engasjementet til dagen ungdom, og unge vokse, oppleves å være høyt når det kommer til å løse klimakrisen. Dette er en gruppe mennesker som gjerne går under navnet *klimagenerasjonen*, og det er de som kommer til å oppleve de største konsekvensene som forbrukssamfunnet og den lineære økonomiske modellen har bidratt til. Likevel kan ikke den globale oppvarmingen settes på vent til fremtidens ledere tar styringen. Tidsfristen for å nå to-gradersmålet nærmer seg, og dagens ledere er nødt til å ta stilling til en mer bærekraftig utviklingsmodell. I bygg- og anleggsbransjen må entreprenører, byggherrer, produsenter og brukere stille høye krav, og sørge for at de blir fulgt opp. I dagens samfunn er det for liten oppfølging og små konsekvenser når miljøet blir nedprioritert. Dagens utvikling mot et mer bærekraftig samfunn er ikke i samsvar med de tidsrammene som er satt før klimaforandringene kan bli irreversibel.

Bygg- og anleggsbransjen har blitt mer opptatt av bærekraft i de siste årene, og det er flere som setter krav til at bygg som produseres skal være bærekraftige. Men dette fokuset har vært noe snevert i forhold til hva som kunne ha vært ønskelig. Fokuset ligger hovedsakelig på det som skjer direkte på byggeplassen, med høy sorteringsgrad og energieffektive bygg. Det har vært stort fokus på sorteringsgraden i mange år, men der stopper også mye av interessen. For at sortering og materialgjenvinning skal fungere som et bærekraftig alternativ må samfunnet tilrettelegge og premiere god ressursutnyttelse og redusert uttak av primære råstoffer.

For at en høy sorteringsgrad skal ha den ønskede effekten er det også nødvendig at prosessene og utviklingen innen avfallsbransjen blir mer bærekraftig. Det holder ikke lenger kun å se på aktiviteten på byggeprosessen. Blikket må løftes og et samarbeid mellom alle steg i verdikjeden må vektlegges, fra uttak og produksjon til avfallsbransjen. Det har flere ganger vært antydning at avfallsbehandlingen ikke er et byggebransje-generert problem, men at dette er noe avfallsbransjen selv må ta tak i. Dersom samfunnet skal bli mer sirkulær er det imidlertid nødvendig at ulike bransjer i næringen kommer sammen og samarbeider for en mer bærekraftig fremtid som er bedre tilrettelagt for alle interessenter.

Målet med masteroppgaven har vært å undersøke om og hvordan det vil være mulig å implementere sirkulære prinsipper i byggebransjen. Ettersom avfall er en stor del av byggebransjen, men ikke er ønskelig i en sirkulær økonomi har dette også fått stor plass i oppgaven. Informasjonen som er brukt er funnet i et omfattende litteraturstudie som har pågått kontinuerlig gjennom vårsemesteret 2020.

## 6.2 Evaluering av metoden

Metoden i masteroppgaven har hovedsakelig vært et litteraturstudie. Grunnet uforutsette omstendigheter under utformingen av denne oppgaven, ref Covid-19, ble metoden noe mer teoretisk enn opprinnelig planlagt. Det ville vært gunstig å involvere representanter fra de ulike bransjene utover den informasjonen som presenteres på seminar eller finnes tilgjengelig som skriftlige kilder. Problemstillingen er også omfattende og ble også større etterhvert som flere vinklinger åpnet seg underveis i arbeidet. Målet har likevel vært å samle så mye kunnskap som mulig og bygge egen kompetanse om sirkulær økonomi og innvirkningen sirkulære prinsipper kan ha for byggebransjen for å kunne ta dette med videre inn i arbeidslivet.

## 6.3 Forslag til videre arbeid

Under arbeidet med undersøkelser omhandlende avfallshåndtering, klimapåvirkninger og kostnader var det stort sprik i både faktagrunnlag og tallmaterialet som ble presentert i de ulike kildene. Dette inkluderte blant annet fakta rundt hvor mye av avfallet som går til materialgjenvinning, hvor mye som går til energigjenvinning eller kun forbrennes, og størrelser på utslipp fra byggebransjen. Hvor gunstig materialgjenvinning egentlig er i forhold til utslipp samt konkret og lett tilgjengelig informasjon om besparelser av primære ressurser finnes det heller ingen god forskning på. Dette kan indikere at det i dag er for lite fokus på avfallet som produseres.

Det inntrykket studenten sitter igjen med er at de bærekraftige metodene som det jobbes mot i dag, egentlig ikke er bærekraftige nok i forhold til målsettingen om sirkulær økonomi

og en mer bærekraftig utvikling. Det trengs mer forskning på hvor det største potensiale ligger med hensyn på å kunne fokusere riktig og helhetlig gjennom verdikjeden. For å kunne klare å lukke sirkulæritetsgapet må nasjoner, byer og næringsliv i større grad formulere praktiske strategier som er tilpasset lokal kontekst, attraktive insentiver som stimulerer til å komme i gang med flere initiativer samt utvikle markedet for å kunne skape attraktive og økonomisk bærekraftige modeller og mandater.

Målemetodene for bærekraftige bygg burde undersøkes og revideres. Det bør videre utvikles gode beslutningsmodeller og praktisk målemetoder som kan benyttes i fellesskap av aktørene innenfor bygg- og anleggsbransjen. Dette vil oppmuntre til å definere gode og oppnåelige målsettinger og metodeverk for å kunne gjennomføre evalueringer og dokumentere både suksesser og fiasko. Dette vil igjen kunne bidra til å sammenligne resultater og spore fremgang mot langsiktige globale ambisjoner og samfunnsmålene for bærekraftig utvikling. Det må også tilrettelegges for bedre opplæring og kunnskapsoverføring mellom prosjekter, bedrifter og myndigheter. Dette vil kunne øke fokus på effektiv sirkulærøkonomisk politikk og -praksis både lokalt og globalt, og fremme en samarbeidende holdning som bidrar til å øke forståelsen og fremskynde overgangen. Arbeidet med modeller, metodeverk og kompetanseheving vil være en naturlig del av det videre arbeidet.



---

---





# Bibliografi

- 3XN, 2019. Circle House - Denmark's first circular housing project. URL:  
[https://issuu.com/3xnarchitects/docs/2019.01.14\\_circle\\_house\\_book\\_englis](https://issuu.com/3xnarchitects/docs/2019.01.14_circle_house_book_englis).
- Abarca-Guerrero, L., Leandro-Hernandez, A.G., 2017. MATERIAL MANAGEMENT PRACTICES FOR CONSTRUCTION WASTE REDUCTION URL:  
[www.witpress.com](http://www.witpress.com), .
- ALBA Group, 2016. Resources saved by recycling. Technical Report.
- Andersen, G., 2019. grønt skifte. URL: [https://snl.no/gr%C3%B8nt\\_skifte](https://snl.no/gr%C3%B8nt_skifte).
- Andersen, M.S., 2007. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. Sustainability Science 2, 133–140. URL:  
<http://link.springer.com/10.1007/s11625-006-0013-6>,  
doi:10.1007/s11625-006-0013-6.
- ANS, 2019. Byggeprosessen steg for steg. URL:  
<https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/avklare-behov>.
- Asplan Viak, 2019. BYGG-OG ANLEGGSEKTORENS KLIMAGASSTUTSLIPP. Technical Report. URL: [https://www.bn1.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp\\_bae\\_2019.pdf](https://www.bn1.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf).
- Aveyard, H., 2019. Doing a literature review in health and social care : a practical guide. Open University Press; McGraw- Hill Education.
- Bohne, R.A., Wærner, E.R., 2014. Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials in Norway. Technical Report.

- 
- Butterworth, J., Morlet, A., Nguyen, H.P., Oppenheim, J., Studer, E., Vanthournout, H., Waughray, D., Zils, M., 2014. Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. Technical Report. Ellen MacArthur foundation. URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_ENV\\_TowardsCircularEconomy\\_Report\\_2014.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf).
- Bygg 21, 2018. Bygg-og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp. Technical Report.
- Castro, R., Pasanen, P., 2019. How to design buildings with life cycle assessment by accounting for the material flows in refurbishment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 225, 012019. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012019.
- Circle economy, 2019. The circularity gap report URL: [https://docs.wixstatic.com/ugd/ad6e59\\_bale4d16c64f44fa94fbd8708eae8e34.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/ad6e59_bale4d16c64f44fa94fbd8708eae8e34.pdf).
- Curran, M., 2008. Life Cycle Assessment - an overview URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/life-cycle-assessment/pdf>.
- Dahlstrøm, T.J., 2019. Aksjonsoppsummering for fylkesmannsaksjon med avfallsforbrenningsanlegg. Technical Report. Miljødirektoratet. URL: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1504/m1504.pdf>.
- DiBK, . 13. Ytelseserklæringen - Direktoratet for byggkvalitet. URL: <https://dibk.no/byggeregler/dok/veiledning-til/13.-ytelseserklæringen/>.
- Drivkraft Norge, 2018. Hvilke klimaavtaler har vi i Norge? URL: <https://www.drivkraftnorge.no/klimabevissthet/overordnede-klimamal/>.
- EMF, 2015a. GROWTH WITHIN: A CIRCULAR ECONOMY VISION FOR A COMPETITIVE EUROPE. Technical Report.
- EMF, 2015b. Towards a Circular Economy: Business rationale for an accelerated transisiton. Technical Report. URL: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation\\_9-Dec-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf).
- Engebø, A., 2019. Intro til metode - En praktisk innføring. URL: [https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-778929-dt-content-rid-22366203\\_1/courses/194\\_TBA4128\\_1\\_2019\\_H\\_1/Research\\_Method\\_19\\_Engeb%C3%B8\\_Norsk.pdf](https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-778929-dt-content-rid-22366203_1/courses/194_TBA4128_1_2019_H_1/Research_Method_19_Engeb%C3%B8_Norsk.pdf).

- 
- FN-sambandet, 2018a. Klimaendringer. URL:  
<https://www.fn.no/Tema/Klima-og-miljoe/Klimaendringer>.
- FN-sambandet, 2018b. Norge. URL: <https://www.fn.no/Land/Norge>.
- FN-sambandet, 2019a. Bærekraftig utvikling. URL:  
<https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>.
- FN-sambandet, 2019b. FNs bærekraftsmål. URL:  
<https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>.
- Ghisellini, P., Ripa, M., Ulgiati, S., 2018. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production* 178, 618–643. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617328809>, doi:10.1016/j.jclepro.2017.11.207.
- Gladek, E., 2019. The Seven Pillars of the Circular Economy. URL:  
<https://www.metabolic.nl/news/the-seven-pillars-of-the-circular-economy/>.
- Global Footprint Network, 2019. Ecological Footprint. URL: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>.
- Gramstad, C.S., Helland, S., Saebi, T., 2017. Nye forretningsmodeller i handelen - Innovasjon for en bærekraftig fremtid. Universitetsforlaget. URL:  
<https://www.universitetsforlaget.no/nye-forretningsmodeller-i-handelen-2>.
- Halogen AS, 2019. Avfallsfrie byggeplasser - Bærekraftige byggeplasser gjennom digitalisering og industrialisering av byggebransjen. Technical Report. URL:  
<https://innovativeanskaffelser.no/wp-content/uploads/2019/06/rapport-avfallsfrie-byggeplasser.pdf>.
- Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Tingley, D.D., Pomponi, F., 2019. Barriers and drivers in a circular economy: The case of the built environment, in: *Procedia CIRP*, Elsevier B.V.. pp. 619–624. doi:10.1016/j.procir.2018.12.015.
- Ibenholt, K., Frisell, M.M., Gobakken, L.R., Hegnes, A.W., Walbækken Mikkel Myhre, 2020. Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen. Technical Report. Oslo.
- Jacobsen, D.I., 2015. Dokumentstudier, innholdsanalyse og narrativ analyse.
- Kampsæter, A., Bjørberg, S., Listerud, C.A., 2009. Levetider i praksis - Prinsipper og

- 
- bruksområder URL: [https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider\\_i\\_praksis.pdf](https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider_i_praksis.pdf).
- Kilvær, L., Sunde, O.W., Eid, M.S., Fjeldheim, H., Rydningen, O., 2019. Forsvarlig ombruk av byggevarer. Technical Report. URL: [www.resirqel.no](http://www.resirqel.no).
- Klima- og miljødepartementet, 2014. Endring av rammedirektivet for avfall (del av pakke sirkulær økonomi) URL: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2014/des/endring-av-rammedirektivet-for-avfall-del-av-pakke-sirkular-okonomi/id2502169/>.
- Klima- og miljødepartementet, 2017. Meld. St. 45 (2016–2017) - Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-45-20162017/id2558274/?ch=1>.
- Klima- og miljødepartementet, 2014. Grønt skifte – klima- og miljøvennlig omstilling . URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/gront-skifte/id2076832/>.
- Klima- og miljødepartementet, 2019. Klimaendringer og norsk klimapolitikk URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>.
- Kopperud, T.J., 2016. Cradle to Cradle — Foretaksstrategier som bidrag til det grønne skiftet. Technical Report.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., Seppälä, J., 2018. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics* 143, 37–46. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916300325>, doi:10.1016/J.ECOLECON.2017.06.041.
- Lacy, P., Rutquist, J., 2015. Waste to wealth - The circular Economy Advantage. Palgrave Macmillan UK.
- Lind, C., 2019. Riktig avfallshåndtering – en forutsetning for etablering av sirkulær økonomi i byggebransjen? URL: <https://bygg.tekna.no/wp-content/uploads/2019/09/Tekna-frokostm%C3%B8te.pdf>.
- Lovdata, . Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) - Lovdata. URL: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6#KAPITTEL\\_5](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6#KAPITTEL_5).
- Lystad, H., 2012. Avfall Norge Veileder for håndtering av avfall som inneholder gips.

- 
- Technical Report. URL:  
[http://www.gipsrecycling.no/SiteConnect/Customers/Gypsum%20Recycling%20Int/Archive/238/48501-1\\_Avfall%20Norge%20rapport%203-2012%20-%20Veileder%20for%20haandtering%20av%20avfall%20som%20inneholder%20gipsavfall.pdf](http://www.gipsrecycling.no/SiteConnect/Customers/Gypsum%20Recycling%20Int/Archive/238/48501-1_Avfall%20Norge%20rapport%203-2012%20-%20Veileder%20for%20haandtering%20av%20avfall%20som%20inneholder%20gipsavfall.pdf).
- Milios, L., 2018. Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix.
- Ness, D.A., Xing, K., 2017. Toward a Resource-Efficient Built Environment: A Literature Review and Conceptual Model. *Journal of Industrial Ecology* 21, 572–592. URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12586>, doi:10.1111/jiec.12586.
- Nødtvedt, C., 2020. Hva er utfordringene ved å redusere byggavfall fra nybygg? . URL: <https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/moter-og-seminarer/frokostmoter-presentasjoner/202520-er-ombruk-en-omvei-til-sirkular-okonomi/jm--hva-er-utfordringene-ved-a-redusere-byggavfall-fra-nybygg.pdf>.
- Nordby, A.S., 2009. Salvageability of building materials :Reasons, criteria and consequences regarding architectural design that facilitate reuse and recycling. Ph.D. thesis. NTNU.
- Nordby, A.S., Wærner, E.R., 2017. Hvordan planlegge for mindre avfall - En veileder for å redusere avfallsgenerering i byggprosjekter. Technical Report.
- Olsen, M., 2018. Er impregnert trevirke farlig avfall? URL: <https://blogg.norskgjenvinning.no/er-impregnert-treverk-farlig-avfall>.
- Pontoppidans, M., 2013. Spørgekemaer og psykologiske test. URL: <https://www.slideshare.net/SFI-slides/sprgeskemaer-og-psykologiske-test>.
- Rønning, A., Engelsen, C.J., Brekke, A., 2016. Materialstrømsanalyse-byggavfall. Technical Report. NHP-nettverket. URL: [https://dibk.no/globalassets/avfall-og-miljosanering/publikasjoner/materialstromsanalyse-byggavfall-betong-gips-og-vindusglass\\_sintef-januar-20162.pdf](https://dibk.no/globalassets/avfall-og-miljosanering/publikasjoner/materialstromsanalyse-byggavfall-betong-gips-og-vindusglass_sintef-januar-20162.pdf).
- Sassanelli, C., Rosa, P., Rocca, R., Terzi, S., 2019. Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 229.

---

SSB, 2017. Avfall fra byggeaktivitet - SSB. URL:

<https://www.ssb.no/avfbygganl>.

SSB, 2019. Mindre til materialgjennvinning - SSB. URL:

<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/mindre-til-materialgjennvinning>.

Stahel, W.R., 2019. Sirkulær økonomi En håndbok. SINTEF.

Strand, N., 2018. Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulær økonomi.

Technical Report. Avfall Norge. URL:

<https://www.gronkonkurranskraft.no/files/2016/10/Avfalls-og-gjenvinningsbransjen-Veikart-for-sirkul%C3%A6r-%C3%B8konomi.pdf>.

Sukhdev, A., Vol, J., Brandt, K., Yeoman, R., 2018. Cities in the circular economy - The role of digital technology. Technical Report. EMF.

## Søketreffstatistikk

**Tabell A.1:** Søketreffsstatistikk

	Oria	Scopus	Web of Science	Google scholar
"circular economy"	1922	1434	2585	20800
AND "Closed loop"	369	403	118	6540
AND built environment"	21	37	3	751
"circular economy"	1922	1434	2585	20800
AND "cradle to cradle"	27	191	36	4290
AND built environment"	2	17	2	387
"construction and demolition waste"	1864	270	409	20500
AND built environment"	20	28	5	5670
NOT "concrete"	38	1	-	2050
Sirkulær økonomi"	41	-	-	169
AND bygg og anlegg"	1	-	-	24
AND "avfall"	-	-	-	15
"waste reduction"	239	99	797	672
AND built environment"	5	5	37	72

---



## Drivere og Barrierer

**Tabell B.1:** Drivere og barrier funnet i litteraturen

Kilde	Drivere	Barrierer
(Hart et al., 2019)	Kulturelle	Kulturelle:
	Ledelse (selskapets miljøkultur)	Den befestede naturen til den lineære økonomien
	Bærekraft /miljødrivere (LEED)	Mangel på interesse, kunnskap, ferdigheter og engasjement i hele verdikjeden
	Stimulere etterspørselen (workshops)	Mangel på samarbeid mellom virksomheter og funksjoner
	Engasjement i verdikjeden	
	Langsiktige relasjoner og partnerskap og systemtankegang	
	Regulerende	Regulerende:
	Politisk støtte og offentlige anskaffelser	Mangel på et konsistent regelverk
	Finansiell støtte	Hindrende lover og regler
	Produsentansvar	Mangel på insentiver
	Finansielle:	Finansielle:
	Livssyklus kostnad	Kortsiktig tenkning: favoriserer transaksjonelle forhold over langsiktige samarbeid
	Enklest vinner	Høye investeringskostnader
	Skala	Lav kostnad på jomfruelige materialer

		Begrenset finansiering
	<b>Sektor</b>	<b>Sektor</b>
	Tydelig visjon for SØ i det bygde miljøet	Mangel på båndbredde forsterket av mangel på sammenhengende visjon for industrien
	Bedre evidensgrunnlag	Lange livssykluser for produkter
	Samarbeid og designverktøy og strategier	Komplekse/forvirrede insentiver
	FoU, innovasjon	Tekniske utfordringer angående materialgjenvinning
	Utvikling av standarder og forsikringsordninger	Mangel på standardisering
	Utvikle logistikkinfrastruktur	Utilstrekkelig bruk eller utvikling av sirkulæredesign- og samarbeidsverktøy, informasjon og beregninger.
	Samarbeid og designverktøy og strategier	Konservativ, lite samarbeidsvillig, motstridende sektor
	FoU, innovasjon	
	Utvikle standarder og forsikringsordninger	
(Ghisellini et al., 2018)	<b>Økonomiske</b>	<b>Økonomiske</b>
	En reduksjon av skatten på arbeidskraft	Høye priser på resirkulert materiale
	Økning av skatten på bruk av primære råvarer	Lave priser på råmaterialer
	Innføring av sluttavfallskriterier for spesifikke C&DW-fraksjoner kan bidra til å bedre markedet for sekundære materialer	Høy tilgjengelighet på råmaterialer
	Parallelreform av merverdiavgift, for å unnta varer produsert av sekundære materialer hvor moms allerede er betalt en gang	
	<b>Politiske</b>	<b>Politiske</b>
	Policy-system som guider og håndhever C&DWM	Negativ holdning til gjenbrukte produkter (oppfattet som miljøvennlig, men av lavere kvalitet);
	Høyere resirkuleringsnivå	Regulering og avgifter for CD-avfall, informasjonsproblemer i forsyningskjeden for gjenbrukte produkter
	Høyere deponitakst	
	Lave dekonstruksjonskostnadene	

---

Tilstedeværelsen av et marked for forskjellige typer produkter fra riving	
Forsyningskjeden favoriserer gjenbruksprosessen for CDW	
	<b>Informativt</b>
	Manglende preferanse for resirkulerte produkter i prosjektdesign (Misoppfatninger rundt kvalitet)
	Usikkerheter knyttet til bestandighet
	Ingen felles grunnlag for mangfoldet av eksisterende tilnærminger er etablert



## Boligtyper og byggeår

**Tabell C.1:** Antall boligtyper med byggeår i Oslo kommune

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Enebolig</b>						
1900 og tidligere	981	969	971	974	973	829
1901-1920	1 942	1 933	1 930	1 909	1 898	1 722
1921-1940	4 210	4 198	4 177	4 150	4 118	3 824
1941-1945	177	177	178	174	174	165
1946-1960	2 873	2 876	2 846	2 820	2 791	2 580
1961-1970	2 530	2 525	2 527	2 520	2 515	2 418
1971-1980	3 493	3 499	3 502	3 493	3 501	3 487
1981-1990	4 946	4 942	4 930	4 931	4 934	4 923
1991-2000	2 759	2 829	2 806	2 798	2 794	2 780
2001-2010	1 556	1 564	1 561	1 558	1 558	1 557
2011 og etter	1 042	1 312	1 604	1 848	2 058	2 209
Ukjent	113	141	150	144	139	690
<b>Tomannsbolig</b>						
1900 og tidligere	719	730	728	733	727	649
1901-1920	1 185	1 204	1 204	1 204	1 207	1 234
1921-1940	4 039	4 042	4 040	4 036	4 076	4 257
1941-1945	254	254	255	253	252	252
1946-1960	5 226	5 207	5 214	5 245	5 260	5 298
1961-1970	1 698	1 703	1 699	1 694	1 687	1 679

1971-1980	1 925	1 911	1 902	1 902	1 886	1 868
1981-1990	1 925	1 878	1 884	1 886	1 889	1 871
1991-2000	1 019	1 033	1 037	1 033	1 044	1 044
2001-2010	1 230	1 230	1 230	1 227	1 223	1 223
2011 og etter	576	681	814	933	1 054	1 206
Ukjent	97	103	103	100	95	461
<b>Rekkehus, kjedehus og andre småhus</b>						
1900 og tidligere	1 600	1 580	1 589	1 582	1 572	1 437
1901-1920	1 010	1 010	1 005	1 013	1 003	993
1921-1940	2 213	2 215	2 113	2 078	2 084	2 028
1941-1945	91	92	92	96	92	94
1946-1960	4 631	4 594	4 583	4 564	4 540	4 458
1961-1970	3 602	3 590	3 586	3 592	3 612	3 594
1971-1980	4 414	4 402	4 398	4 409	4 419	4 436
1981-1990	7 700	7 664	7 667	7 676	7 675	7 678
1991-2000	2 802	2 771	2 774	2 776	2 756	2 758
2001-2010	1 932	1 890	1 891	1 884	1 885	1 882
2011 og etter	737	848	905	1 008	1 187	1 344
Ukjent	85	85	85	91	88	376
<b>Boligblokk</b>						
1900 og tidligere	29 817	30 046	30 115	30 259	30 372	30 127
1901-1920	9 428	9 454	9 473	9 529	9 546	9 598
1921-1940	36 767	36 940	37 107	37 234	37 259	36 993
1941-1945	1 453	1 450	1 449	1 449	1 458	1 458
1946-1960	36 527	36 585	36 509	36 488	36 404	34 999
1961-1970	23 455	23 715	23 710	23 680	23 800	23 701
1971-1980	27 501	27 473	27 484	27 328	27 345	27 344
1981-1990	20 663	20 690	20 746	20 341	20 369	20 353
1991-2000	18 028	18 058	18 122	17 107	17 137	17 135
2001-2010	22 924	22 884	22 667	22 668	22 708	22 551
2011 og etter	8 808	10 536	12 321	14 391	17 399	21 377
Ukjent	192	232	241	260	233	2 640
<b>Bygning for bofellesskap</b>						
1900 og tidligere	255	255	323	234	235	224
1901-1920	48	100	100	99	232	228
1921-1940	41	41	46	37	37	212
1941-1945	0	0	0	0	0	0

---

1946-1960	595	595	662	615	628	627
1961-1970	444	438	378	622	622	622
1971-1980	504	526	700	730	720	722
1981-1990	270	270	290	668	668	675
1991-2000	537	541	541	2 038	2 316	2 312
2001-2010	2 091	2 093	2 321	2 321	2 321	2 321
2011 og etter	476	476	476	799	1 252	1 729
Ukjent	12	12	12	12	12	14
<b>Andre bygningstyper</b>						
1900 og tidligere	661	661	639	559	544	499
1901-1920	194	152	142	148	141	129
1921-1940	474	610	715	610	610	579
1941-1945	8	9	10	10	10	10
1946-1960	667	649	600	588	578	619
1961-1970	882	686	733	755	753	753
1971-1980	628	599	428	373	371	603
1981-1990	660	655	882	954	948	959
1991-2000	837	820	815	423	427	497
2001-2010	208	214	256	254	230	235
2011 og etter	185	110	116	128	220	215
Ukjent	284	249	249	247	230	276

---



## Aktører

**Tabell D.1:** Entreprenørens tagging på hhv bærekraft og sirkulær økonomi fra respektive hjemmesider

<b>Bedrift</b>	<b>Målsetninger</b>
Veidekke	Bærekraft
	Lavtemperaturasfalt
	Fossilfri byggeplass
	Betonginnovasjon
	Massivtre
	BREEAM
	Avfallshåndtering
	En viktig del av Veidekkes miljøarbeid handler om å håndtere og minimere avfallet som produseres i våre bygg- og anleggsprosjekter. Vår entreprenørvirksomhet kildesorterer mer enn 75 % av avfallet fra bygging, rehabilitering og riving.
	Sirkulær økonomi
	Bygge og utvikle en organisasjon som tenker sirkulært og skaper verdier av eksisterende materialer
Etablere systemer og strukturer for materialgjenbruk og ytterligere avfallsreduksjon på våre byggeplasser	
Skanska	Bærekraft
	Være en pådriver for energieffektive løsninger og redusere utslipp av klimagasser.

	Unngå å produsere avfall gjennom å redusere etterspørsel, gjenbruk av materialer og resirkulering.
	Proaktivt velge og bruke materialer som er klima -og miljøvennlige.
	Begrense påvirkningen virksomheten vår har på flora, fauna og økosystemer.
	Redusere forbruket av, og konservere og resirkulere vann.
	Redusere skadelige utslipp fra våre prosjekter, maskiner og verktøy.
	Fortsette å gi opplæring og utvikle våre ansatte innenfor grønt og miljø.
	<b>Sirkulær økonomi</b>
	Konseptutredning for ombruk av hulldekker
AF	<b>Bærekraft</b>
	Kildesorteringsgrad og Klimagassutslipp
	AF driver avfallshåndtering gjennom å prosjektere og planlegge prosjekter slik at minst mulig avfall blir generert og slik at avfallet som oppstår i størst mulig grad er av en type som kan kildesorteres og gjenvinnes
	Vi jobber for å redusere utslipp blant annet ved å løpende skifte ut maskiner slik at vi til enhver tid har en moderne maskinpark med lavere utslippsmengder.
	<b>Sirkulær økonomi</b>
	Ingen informasjon funnet
Betonmast	<b>Bærekraft</b>
	Av det avfallet vi produserer på byggeplassen skal vi legge til rette for god gjenvinning med en høy grad av sortering
	Vi skal kutte klimagassutslippene gjennom å etterspørre fossilfrie eller utslippsfrie anleggsmaskiner, ikke benytte fossilt brensel til byggtørk, og etterspørre materialer som genererer mindre klimagassutslipp.
	Eliminere farlige stoffer:
	Fremme lokal økologi
	<b>Sirkulær økonomi</b>
	Ingen informasjon funnet
HENT	<b>Bærekraft</b>
	Rehabilitering og gjenbruk det største og viktigste valget for bærekraft som tas i et prosjekt
	Utbredt bruk av massivtrekonstruksjoner
	Fossilfri byggeplass
	Utslippsfri byggevarme
	Avfallsminimering
	Kjemikaliekontroll
	Energieffektivitet
	Gjenbruk
	Avfallssortering

---

	Sirkulær økonomi
	Ikke nevnt i Rapport Bærekraft 2019
Vedal	Vi tar hensyn til hele kretsløpet og vi tenker sirkulært både når vi bygger og når vi river, slik at vi kan planlegge for ombruk. Målet er å redusere mengden avfall og legge til rette for at materialene får så lang levetid som mulig

---

---

